



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Modelo dinámico de sistemas para determinar la calidad de agua en la Laguna Patarcocha por vertimiento de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños, Pasco, 2016”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR:

Inga Rengifo Elea Neolita

ASESOR:

Dr. Elmer G. Benites Alfaro

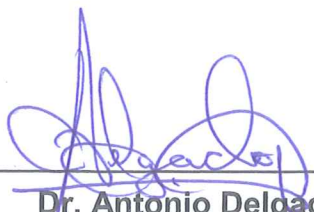
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

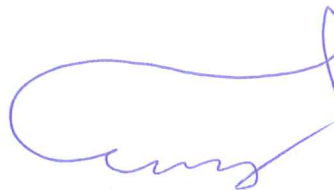
LIMA – PERÚ

2016-II

PÁGINA DEL JURADO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Delgado', written over a horizontal line.

Dr. Antonio Delgado Arenas
(PRESIDENTE)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gamarra', written over a horizontal line.

Dr. Luis Gamarra Chavari
(SECRETARIO)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Benites', written over a horizontal line.

Dr. Elmer Benites Alfaro
(VOCAL)

DEDICATORIA

Dedico la tesis a mis padres, Neolita y Hugo, quienes han me han formado con mucha cariño, respeto, buenos hábitos y valores, lo que me ha ayuda a superarme como persona y profesional, buscando lo mejor en mi camino, y a mi Axel que con su ternura me da fuerzas para seguir

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo por ser mi alma mater, por la formación académica y la facilidad con los materiales para el desarrollo de mi tesis.

A mi asesor Dr. Elmer Benites, por su constante apoyo en cada parte de mi tesis, compartiendo sus conocimientos, siendo mi profesor guía.

A los profesores Miguel Ángel Pérez Pérez, Daniel Cárnedas y al Ing. Eloy Cuellar por haberme brindado su apoyo con sugerencias.

A mi compañera y amiga Sandy, por su apoyo incondicional, en el recojo de mis muestras y moralmente.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo **ELEA NEOLITA INGA RENGIFO** con DNI N° 70883008, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestran en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de Diciembre del 2016.



INGA RENGIFO, Elea Neolita

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada “**Modelo dinámico de sistemas para determinar la calidad de agua en la Laguna Patarcocha por vertimiento de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños, Pasco, 2016**” con la finalidad de determinar la calidad de agua en la Laguna Patarcocha debido a los vertimiento de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños por dinámica de sistemas al año 2026, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

La Autora

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iv
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN	xiii
ABSTRAC	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Trabajos Previos	2
1.3. Teorías relacionadas	6
1.4. Formulación del problema.....	13
1.5. Justificación del estudio	13
1.6. Hipótesis	14
1.7. Objetivo.....	14
II. MÉTODO	14
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	14
2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	15
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	17
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	18
2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	19
III. RESULTADOS.....	26
IV. DISCUSIÓN	48
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	50
VII. PROPUESTAS	51
ANEXO 1: Matriz de consistencia.....	56
ANEXO 2: Ficha de observación	57

ANEXO 3: Lagunas con Batimetría en la Cordillera Blanca, Huayhuash, Raura y Hualltapallana.....	58
ANEXO 4: Departamento Pasco: población total proyectada y ubicación geográfica de la capital legal, según provincia y distrito, 2015.	56
ANEXO 5: Mapa hidrográfico	57
ANEXO 6: Estándar de calidad de agua D.S. N°015-2015-MINAM	58
ANEXO 3: Lagunas con Batimetría en la Cordillera Blanca, Huayhuash, Raura y Hualltapallana.....	58
ANEXO 7: Evidencias fotográficas.	56
ANEXO 8: Data del modelo dinámico con Stella	57
ANEXO 9: Ensayo de laboratorio	58
ANEXO 10: Fichas de validación	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1. Operacionalización de Variables	16
Cuadro N°2. Coordenadas UTM de los puntos de muestreo	18
Cuadro N°3. Datos de para curva de calibración de nitratos.....	23
Cuadro 4. Calibración de fósforo total	24
Cuadro 5. Resultado de sólidos suspendidos totales de laboratorio	26
Cuadro 6. Resultados de pH	27
Cuadro 7. Resultados de DBO ₅	29
Cuadro 8. Resultados de concentración de nitratos.....	30
Cuadro 9. Resultado de concentración de fósforo total.....	31
Cuadro 10. Resultados de coliformes totales	32
Cuadro 11. Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Laguna Patarcocha en el 2010.....	32
Cuadro 12. Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Laguna Patarcocha en el 2011.....	33
Cuadro 13. Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Laguna Patarcocha en el 2016.....	33
Cuadro 14. Precipitación y Temperatura anual	33
Cuadro 15. Caudal de aguas residuales	34
Cuadro 16. Población proyectada que afecta la Laguna Patarcocha.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lagunas con Batimetría en la Cordillera Blanca, Huayhuash, Raura y Hualtapallana.....	57
Tabla 2. Departamento Pasco: población total proyectada y ubicación geográfica de la capital legal, según provincia y distrito, 2015.	58
Tabla 3. Estándar de calidad de agua D.S. N°015-2015-MINAM.....	60
Tabla 4. Estándar de calidad de agua D.S. N°015-2015.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1. Curva de calibración de nitratos.....	23
Gráfico 2. Comparación de sólidos suspendidos totales con ECA.....	27
Gráfico 3. Comparación de pH de las muestras con ECA.....	28
Gráfico 4. Comparación de DBO con los ECAS.....	29
Gráfico 5. Comparación de resultados de nitratos con ECA	30
Gráfico 6. Comparación de resultados fósforo total con ECA	31
Gráfico 7. Modelación del caudal de las aguas residuales 2010-2026.....	41
Gráfico 8. Modelación del caudal de las aguas residuales 2010-2026	42
Gráfico 9. Coliformes totales 2010-2026	43
Gráfico 10. Comportamiento de los fósforo total y nitratos 2010-2026.....	44
Gráfico 11. Comportamiento de los oxígeno disuelto y DBO ₅ , 2010-2026	45
Gráfico 12. Comportamiento del pH de la Laguna desde 2010-2026.....	46
Gráfico 13. Comportamiento de la temperatura desde 2010-2026.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelación de población con software Stella	10
Figura 2. Vista satelital de Laguna Patarcocha	17
Figura 3. Diagrama de Forrester	36
Figura 4. Modelo del crecimiento poblacional de los asentamientos aledaños de la Laguna Patarcocha	37
Figura 5. Modelo del caudal de aguas residuales	38
Figura 6. Modelo de los parámetros microbiológico de la Laguna Patarcocha	39
Figura 7. Modelo de los fisicoquímicos de la Laguna Patarcocha	40
Figura 8. Toma de muestra del primer punto	62
Figura 9. Toma de muestra del segundo punto	62
Figura 10. Toma de muestra del tercer punto	63
Figura 11. Toma de muestra del cuarto punto	63
Figura 12. Ducto de salida de aguas residuales.....	64
Figura 13. Descarga de aguas residuales	64
Figura 14. Tubería que lleva aguas residuales de las viviendas a la Laguna	65
Figura 15. Residuos sólidos en la Laguna Patarcocha	65

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa hidrográfico.....	74
Mapa de ubicación.....	81

RESUMEN

La tesis fue realizada con el fin de mostrar el comportamiento dinámico del conjunto de parámetros que miden la calidad de agua de Laguna Patarcocha con el software Stella, frente a los vertimientos de aguas residuales, que genera la población aledaña en un periodo de diez años. Para obtener los datos actuales se subdividió por cuatro puntos de la Laguna, considerando los siguientes parámetros indicadores de afectación para la medición de la calidad de agua: sólidos suspendidos, pH, DBO, oxígeno disuelto, nitratos, fósforo total, coliformes totales, ajustados al índice de calidad de agua (ICA), y comparados con los estándares de calidad en la categoría 4 del MINAM.

En los resultados obtenidos se tiene que el caudal de los vertimientos de aguas residuales aumentará debido al crecimiento poblacional de los asentamientos humanos cercanos que se proyecta según los datos del INEI, considerando que el caudal inicial (2010), es de 8.97 L/s llegando a ser hasta 10.2 L/s (2026), deteriorando gradualmente la calidad de agua de la Laguna Patarcocha representado mediante un modelo dinámico de sistemas, Pasco, en el año 2026. Y que el crecimiento de la población tendrá un comportamiento ascendente hasta el 2026 generando alteración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la Laguna, por lo que los nitratos aumentaran, en cambio los fósforo total con concentración de 78 mg/l del 2010 tiene una variación llegando a tener una concentración de 68 mg/l en el 2026, estimulando al crecimiento de los microorganismos siendo en 1200 en el año 2010. Siendo en su conjunto los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, elementos de medición de la calidad de agua de la Laguna Patarcocha se verá afectada cuan más vertimiento de aguas residuales reciba, demostrado en un modelo de dinámica de sistemas al año 2026.

Palabras claves: Calidad de agua, contaminación, modelo dinámico, software Stella, vertimiento aguas residuales domésticas.

ABSTRAC

The thesis was carried out to determine that the wastewater discharged by the surrounding population in Lagoon Patarcocha, gradually deteriorating water quality in the district of Chaupimarca until 2026, through a dynamic model processed in Stella software. To obtain the current data, the lagoon was subdivided by four points, 9 liters of water were taken, the following parameters being analyzed: suspended solids, pH, BOD, dissolved oxygen, total organic carbon, nitrates, phosphates, total coliforms, oils and fats, Adjusted to the water quality index (ICA), and compared to the quality standards in category 4 of MINAM; Who were considered as the indicators of the impact of water quality: Population pollution index.

The purpose of the dynamic modeling in Laguna Patarcocha is to know the variations that have the quality of water in front of the discharges of waste water and removal of the same ones.

The results obtained were that the flow of the wastewater discharges increased due to the population growth of the nearby human settlements that is projected according to INEI data, considering that the initial flow (2009), is 8 L / s, becoming Up to 9.5 L / s (2026), gradually deteriorating the water quality of the Patarcocha Lagoon represented by a dynamic model of systems, Pasco, in the year 2026. And that Population growth, generate alteration of physicochemical and microbiological parameters Of the water of the lagoon, so that the nitrates increased, in contrast the phosphates that a concentration of 78 mg / l of 2009 decreasing to 10 mg / l in 2026, stimulating to the growth of the microorganisms being in 1200 in the year 2009 , Being all the parameters, elements of measurement of the state of the water quality, that will gradually affect the quality of water of the Lagoon Patarcocha, demonstrated in a simulation of a system dynamics model to the year 2026.

Key words: Water quality, risk, pollution, dynamic model, Stella software, sewage

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Uno de los problema que se vive día a día en nuestra sociedad es la contaminación de aguas superficiales por aguas domésticas, que sin reparo se vienen vertiendo, generando enfermedades en la población por los gases emitidos y la desaparición de la fauna y flora del ecosistema. Así como sucede en Juliaca, en el río de Torococha, donde existe vertimiento de aguas residuales de los domicilios, superando los estándares de calidad, en la concentración de materia orgánica, sólidos suspendidos, entre otros parámetros físicos químicos y microbiológicos. (YANA E., 2014, pag.20).

Según la Organización Mundial de la Salud (2010), el agua se encuentra contaminada, cuando sus composiciones físicas, químicas y biológicas se han alterado, de modo que no sea disponible para el uso destinado en su estado natural.(pag.4)

La Laguna Patarcocha ubicada en el distrito de Chaupimarca, provincia de Pasco, es el cuerpo receptor de las aguas residuales de los asentamientos humanos Aledaños. Debido al aumento de la población, las familias se aumentan desproporcionalmente alrededor de la laguna y sus desagües son directamente vertidos por los silos. Tiene cinco descargas con un caudal de 10 l/seg por cada una, siendo un volumen excesivo en corto de tiempo, por lo que genera eutrofización y aparición de microorganismos, reduciendo la oxigenación del recurso, que al aumentar la temperatura emite un olor fétido (Sulfuro de hidrógeno). Otro de los factores que tendrán incidencia, son las pequeñas partículas de metales pesados que genera la actividad minera “Tajo Raúl Rojas” que se encuentra a no menos de 2300 m de la Laguna, afectando gravemente la calidad de agua durante un futuro no muy lejano y generando enfermedades respiratorias y estomacales en la población.

No obstante, se propone un modelo de simulación para reflejar el deterioro de la calidad de agua de la Laguna en un espacio temporal en función al aumento de vertimiento de aguas residuales de la población aledaña, con el fin de generar alternativas estratégicas de gestión y manejo del recurso.

1.2.Trabajos Previos

A nivel internacional

CARDONA A. (2003), en su tesis “Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la micro cuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras” tiene como objetivo analizar parámetros que puedan causar riesgos de contaminación del agua superficial, siendo su metodología investigación cualitativa, debido a que se identificarán puntos potenciales claves de contaminación, obteniendo como resultados que el pH fue bajo de 3, con alto nivel de hierro, sólidos totales y aluminio. Concluyendo que todos los puntos de aguas superficiales tienen un grado alto de contaminación, siendo la Quebrada Agua Amarilla punto más alto y contaminado por sólidos disueltos y fósforo total.

GARCÍA R. (2012) en su tesis para optar al Título de Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales “Modelo de dinámica de sistemas para disponibilidad de biomasa forestal en zonas rurales aisladas”, teniendo como objetivo analizar los factores principales que influyen en el mantenimiento de los bosques para la implementación de puntos de energías en zonas rurales alejadas, utilizando un modelo dinámico. Siendo una investigación descriptiva correlacional, al relacionar sus variables. Teniendo como resultado, que la biomasa no se encuentra accesible por motivos ambientales, propiedades y aprovechamiento. Concluyendo que el modelo usado en Isla Huapi, descarta el uso de los bosques para generar energía.

HUERTAS I., RAMÓN M. (2011), en su artículo científico “Modelo de dinámica de sistemas para el proceso de producción de la mandarina” indica como objetivo utilizar un modelo para simular el comportamiento de productividad de la mandarina y su rentabilidad de comercialización en el poblado de Padrilla; siendo su metodología de tipo descriptiva correlacional. Obteniendo como resultado de que en los primeros cinco meses la ganancia es igual al gasto realizado en la cosecha, y el sexto mes aumenta los ingresos y rentabilidad del fruto, favoreciéndose por los factores climáticos y de suelo. Concluyendo que al utilizar el modelo de simulación se puede obtener las posibles pérdidas o ganancias de para los pobladores, y el nivel de rentabilidad de la mandarina.

BELTRAN E.(2012), en su tesis para obtener título de Doctor en Ciencias Biológicas“ Formulación de un modelo dinámico de simulación ecológica del Humedal de Jaboque – Bogotá D.C., con fines de restauración y conservación” tiene como objetivo simular fluctuaciones del volumen del recurso humedal relacionado al flujo que entra y sale del caudal , de origen de las precipitaciones. Obteniendo como resultados, que la variación de tiempo hidráulico influye en el comportamiento del fósforo total, los sólidos suspendidos y a la generación de microalgas. Concluyendo que la etapa de hidroperiodo está ligada netamente a la cuenca, quien depende de los factores climáticos

RESTREPO, C., TORO, F. (2006) en su tesis “Aproximación a la dinámica del transporte del nitrógeno y el fósforo en la ciénaga de Ayapel”, tiene como objetivo realizar una simulación de transportes de nitratos en época de avenida y estiaje en la Ciénaga de Ayapel, siendo su metodología de investigación de tipo descriptiva, de diseño no experimental. Obteniéndose como resultados que el nitrógeno amoniacal en época de invierno es de 0.04mg/L, de nitrato de 7.6 mg/L y en la parte norte se encuentra un alto grado de concentración de nitrato. Teniendo en época de avenida La Ciénaga de Ayapel un área de 120 Km² de espejo de agua, con una temperatura promedio de 32.5°C en superficie. Concluyendo que las concentraciones de nitrato, nitrógeno amoniacal y ortofosfatos aumentan en las épocas de lluvias y disminuyen la época de estiaje.

A nivel nacional

CASTILLO I. (2011), en su artículo científico “Modelos de simulación para determinar niveles de contaminación de Río Mantaro”, tiene como objetivo determinar la relación que existe entre la contaminación del río Mantaro con el desarrollo de las competencias de los productores para exportación de sus productos, siendo su metodología de investigación de tipo descriptiva aplicada. Obteniendo como resultados que el modelo es sensible a la contaminación habiendo incertidumbre en la productividad de cultivos. Concluyendo que la contaminación del Río Mantaro influye en el potencial productivo de los pobladores.

ZULUAGA L. (2011) en su tesis “Simulador piloto de la oferta y la demanda hídrica en una microcuenca rural para la validación de metodologías y la evaluación de políticas de manejo sostenible del recurso agua” tiene como objetivo analizar la relación entre la gestión institucional de oferta y demanda hídrica en cuencas rurales, siendo una investigación cualitativa descriptiva, debido a que se utilizó sistemas dinámico. Obteniendo como resultados de que existen un promedio de evotranspiración de 1041 mm abasteciendo a una población con aumento anual de 1.59% (2050 habitantes), siendo el consumo promedio de 150 l/hab/día. Concluyendo que el modelo utilizado dio a conocer, que la oferta hídrica se encuentra encima de la demanda, lo que hace que el sistema de la cuenca no caiga en déficit, en un promedio de dos a diez años; dependiendo además de precipitación anual por motivo de cambio climático.

REYES C. (2012), en su tesis “Estudio de la contaminación de las aguas del río chillón” tiene por objetivo identificar los tipos de actividades que alteran la calidad de agua del Río Chillón. Obteniendo como resultados, que los metales como cadmio, mercurio y los coliformes fecales tienen alta concentración, sobrepasando los estándares de calidad ambiental. Concluyendo que los botaderos, las industrias como pinturas, reciclaje de residuos y vertido de aguas residuales son principales actividades que incumplen la normatividad.

TANANTA F. (2009), en su tesis “Determinación de la Concentración de Coliformes Fecales y Totales en el Río Mayo, por Incidencia de la Descarga de Aguas Residuales de la Ciudad de Moyobamba 2009”, tiene como objetivo Investigar la concentración de coliformes fecales en el recurso y el población microbiana como principal indicador, siendo una investigación descriptiva de orientación aplicada. Se obtuvo como resultado, que el vertedero contiene altas concentraciones de coliformes, superando los estándares de calidad. Concluyendo de que el vertimiento de aguas residuales aportan al nivel bacteriológico.

CARRERA W. (2011), en su tesis “Influencia del vertido del efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del río San Juan” indica en su objetivo encontrar el nivel de impacto que tiene el efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A en la biota del río San Juan, siendo una investigación cuantitativa aplicada, de diseño no experimental, tiene como resultado que el pH es básico, donde la temperatura se encuentra en un rango de 10,0 y 12,4 ° C , con bajas concentraciones de cianuro y arsénico, alto nivel de cobre con un rango de 0,003 mg/l a 0,777 mg/l, superando los estándares de calidad ambiental. Concluyendo que la influencia de los efluentes mineras alteran la biodiversidad acuática.

BIANCHINI F. (2013), en su artículo científico “Evaluación de la calidad de los recursos hídricos en la provincia de Pasco y de la salud en el centro poblado de Paragsha” tiene por objetivo analizar la calidad de agua y lo efectos que tienen en la salud teniendo como resultados que en la laguna Quiulacocha todos los metales analizados (Pb, Cd, Al, Fe, Mn, As), sobrepasan los estándares de calidad ambiental. Concluyendo el agua no es apta para el uso humano ni vacuno, pudiendo los metales desplazarse en la cadena alimenticia.

YANA E. (2009), en su tesis “Contaminación por materia orgánica en el río Torococha de la ciudad de Juliaca” tiene como objetivo determinar los parámetros fisicoquímicos que altera los niveles de compuesto orgánicos. Obteniendo como resultados, que el mayor promedio de temperatura y sólidos suspendidos se presentaron el mes de enero, teniendo un DBO5 de 81.55 mg/l, que sobrepasan los niveles establecidos por los ECA (≥ 15 mg/l). Concluyendo que la concentración de materia orgánica los sólidos suspendidos, variación de temperatura, pH, conductividad, reducción de DBO y DQO, disminuye la calidad de agua.

JOHANNES (2004), utilizo un modelo de simulación con el software Stella para realizar el balance hídrico en el acuífero del río Turbio, México. Tenía por objetivo de realizar un modelo dinámico con el fin de describir la interacción del agua superficial subterránea, y buscar solución al nivel de agua que tenía la cuenca

Lerna-Chapala. El modelo realizado fue separado en cinco fracciones para ser diferenciado y relacionado: agua superficial, agua subterránea, calidad, demandas y políticas de asignación. La parte de agua superficial, fue tomada según las estadísticas de todos los años de precipitación. La escorrentía superficial originada fue separada en infiltración y deposición. Lo depositado fue caracterizado como un stock tipo reservior, mientras que el agua infiltrada formaba parte de la recarga del acuífero. El lado de demanda fue calculado por el requerimiento de agua de los distintos usos. Por último se en contaba a parte de calidad, que consistía en el transporte de contaminantes a ríos y a otras partes de la cuenca. Por conclusión, se tuvo se podía utilizar este modelo, siempre y cuando tenían datos de entrada y las condiciones para el sistema, generando en el usuario comprensión y manejo fácil del software.

1.3. Teorías relacionadas

Contaminación de agua

Contaminación del agua es un factor primordial que rompe el lazo entre el ambiente y el hombre, a corto, medio largo plazo, por lo que la prevención y lucho contra la alteración del ecosistema es necesidad prioritaria, teniendo como fuente las aguas negras (incluyendo aguas de producción de alimentos), aguas industriales y aguas agrícolas. MAMANI W. (p.23, 2003)

La contaminación de la Laguna con un nivel alto de concentración de materia orgánica será descompuesta en un lapso de tiempo por factores climáticos, siendo el oxígeno disuelto componente primordial para su reacción química. El oxígeno obtenido en la atmósfera por intercambio de gases, es requerido el ecosistema para subsistir. Por ello el vertido de aguas residuales ocasiona que el desequilibrio del medio ambiente, alterando la vida acuática. (VERA, 1998).

Calidad de agua.

Según CHAPMAN A. (1996), La calidad de agua es el conjunto de características fisicoquímicas y microbiológicas, así como valores aceptables y no aceptables, basándose determinación de sustancias químicas. Su valoración se da por el proceso de valoración del medio ambiente físico químico y biológico del agua en relación a calidad natural a las actividades humanas y a los usos

racionales que puedan afectar a la salud humana y la alteración de vida acuática. (pag.43)

La calidad de agua es el conjunto de parámetros físicos, químico y microbiológicos, donde su composición y el estado en que se encuentre la biota, muestran variaciones espaciales y temporales, debido a factores externos e internos". (Water Quality Assessment, pag. 5)

Crecimiento poblacional

El crecimiento poblacional es la tasa de crecimiento. Esta tasa proporciona la relación en que varía el número de habitantes en un periodo determinado, siendo los indicadores que nos permiten identificar los ritmos de crecimiento y disminución de una población, tales como la tasa de natalidad, la tasa de mortalidad y la migración.(INEI)

Tasa de crecimiento total

Es el cociente entre el incremento medio anual total (nacimientos menos defunciones más inmigrantes y menos emigrantes) ocurridos durante un período determinado y la población media del mismo período. Puede definirse también como la suma algebraica de la tasa de crecimiento natural y la tasa de migración. (INEI)

Parámetros Fisicoquímicos

Según ZHEN B. (2009), señala que los parámetros fisicoquímicos del agua ayudan a determinar y a evidenciar la alteración del estado de la calidad de agua en la presencia de contaminantes orgánicos, industriales, entre otros, siendo los siguientes:

Potencial de hidrógeno (pH)

Es la cantidad de ion de hidrógeno en u medio acuoso. Las aguas que poseen pH superior a siete son alcalinas y si es inferior es ácida. ZHEN B. (2009, p.10)

Demanda Biológica de Oxígeno:

Es la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias durante cierta cantidad de días a temperatura estándar. Es utilizado para analizar cuerpos receptores contaminados por aguas residuales.

Oxígeno disuelto

Los niveles de oxígeno disuelto en las aguas naturales van a depender de los efluentes que son vertidos, siendo su presencia fundamental para el desarrollo de vida acuática.

Fosfatos

El fósforo se encuentra en aguas naturales y contaminadas por aguas residuales en formas clasificadas como ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos orgánicos.

El fósforo generado por vertimiento de aguas residuales, drenajes de campos o residuos industriales, puede generar proliferación de micro y macro organismos acuáticos en cantidades dañinas.

Sólidos suspendidos totales

Es la cantidad de sólidos después de haber pasado la fase acuosa. Siendo en el agua su principal origen la materia orgánica. ZHEN B. (2009, p.10)

Coliformes totales

Son un subgrupo de bacterias entéricas, que fermentan la lactosa en el aumento de temperatura. Se localizan en heces de origen animal y del hombre. ZHEN B. (2009, p.11)

Son considerados como microorganismos considerados por la Norma Técnica Nacional, además de las Bacterias Heterotróficas y Coliformes fecales. (ITINTEC 214.003).

Vertimiento de aguas servidas

El uso del agua en zonas urbanas, tanto en viviendas, actividades comerciales y de servicios, es de origen de contaminación ya que generan aguas residuales con desechos de alimentos, fecales, químicos, cosméticos, etc. y son mal dispuestas, vertiéndolo en un cuerpo receptor. (LENNTECH, 2009, p. 45)

Sistema

Un sistema es un conjunto de variables que se interrelacionan y se articulan a una unidad principal. En una simulación, se manifiesta como conceptos reales de manera compleja por formar parte en interacción, teniendo una entidad

constante que permanece, distinguiéndolo de su entorno, pudiendo asignar o modificar una descripción, en la que reflejen vínculos de componentes. ROJAS, D. (2010 p.2)

Modelación dinámica

El modelo dinámico es el desarrollo de una realidad diseñado para cumplir un objetivo (meta K), sin tener una confirmación exacta pero bueno para el propósito dado, teniendo la expresión “no es lo suficiente bueno”. (DOLADO J., 2010).

Software Stella

A inicios de 1991 surge software STELLA, sigla que significa Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation (Jaramillo, 2000). Este sistema ofrece una forma práctica de visualizar en forma dinámica como los sistemas funcionan. Esto convierte a STELLA en un software de fácil uso (Isee systems, 2010).

Stella es un software desarrollado para acercar a la investigación de distintas ramas como en economía, medicina, ingenierías a procesos dinámicos, y así obtener un lenguaje estructurado. El programa se encuentra en función a la capacidad de memoria del ordenador. La ventaja es plasmar nuestros modelos mentales en el desarrollo de diagramas causales, aclarar conceptos, diferenciar los factores de realimentación tanto negativa como positiva, con el fin de proponer estrategias, iniciando por un pequeño flujo hasta llegar a un nivel complejo, otra ventaja es que el usuario parte de la especificación lógica de los flujos estructurados, y desde el menú obtener el manejo de las ecuaciones para formar tablas y salidas gráficas. JUARISTI (2005, p.185)

El modelo representado en el software a través de variables, constantes, funciones, se caracteriza porque los cálculos deben realizarse a través del tiempo. Por lo tanto, para cada valor de las variables de almacenamiento representadas, va cambiando a lo largo de la evolución de la simulación de acuerdo a alguna ecuación definida en el modelo.

Importancia del Software Stella:

La modelación de un proyecto de investigación ayuda a cambiar y a añadir supuestos, para observar un sistema complejo. La modelación realizada por el

software indica las causas que se generan un problema y los efectos que se generan en un periodo de tiempo, siendo mostrado en diagramas. En el proceso de construcción del modelo, aparecen signos de interrogación en los flujos, donde se completan por ecuaciones algebraicas creadas por el usuario, una vez completada será procesado los datos ingresados.

Los resultados de la modelación pueden salir en gráficos y en tablas con los valores insertados en las tablas.

El modelamiento sistemático Stella puede ayudar a determinar si el cambio climático afecta a ecosistemas o variación de precios de petróleo.

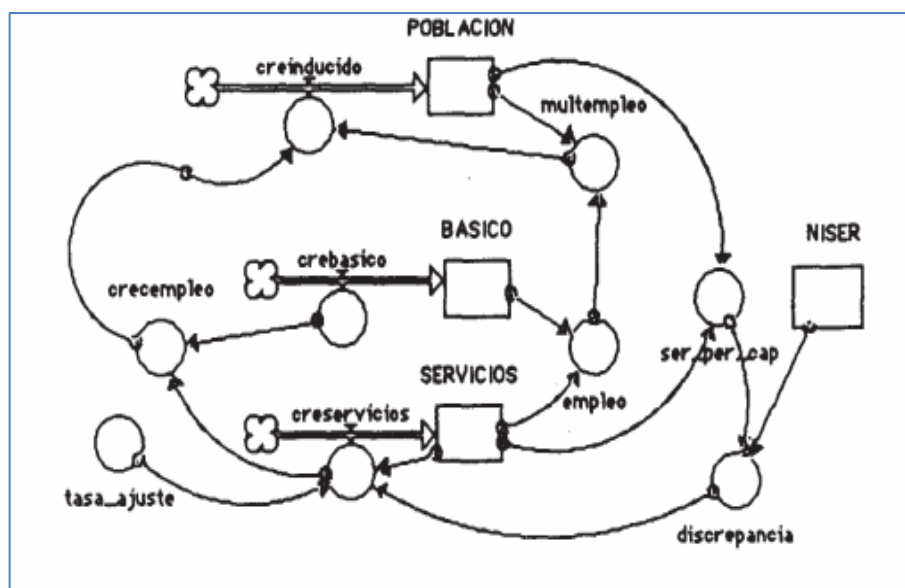


Figura 1. Modelo dinámico de una población utilizando el software Stella

Fuente. Juaristi (2005, p.198)

El Consejo Regional de Pasco, aprobó una ordenanza que considera a la Laguna Patarcocha en emergencia ambiental y salud pública, debido a la alta contaminación generado por vertimiento de aguas residuales de millones de habitantes que habitan a su alrededor, que a la vez son afectados por los olores fétidos que emana la descomposición de materia orgánica en el aumento de temperatura

La ordenanza regional establece ejecutar acciones inmediatas, encaminados a controlar los gases emanados, así como recuperar todo el ecosistema de la laguna, creando un proyecto de recuperación del recurso, no siendo

actualmente procedido en su totalidad, porque la contaminación sigue en aumentando, afectando la calidad de agua.

Hidrografía

El término hidrología se refiere a los volúmenes de agua que se presentan sobre la superficie del terreno, y comprende a su vez la escorrentía superficial, los caudales de los cursos de agua, los volúmenes de los cuerpos de aguas lénticas y las condiciones meteorológicas asociadas (i.e., precipitación, evaporación y temperatura del aire).

Las principales salidas de agua comprenden la evapotranspiración real, la infiltración y la escorrentía. La evapotranspiración real representa las pérdidas de agua hacia la atmósfera desde las superficies libres de agua o desde el suelo (evaporación) o desde las hojas de las plantas (transpiración).

La región de Pasco es el punto de inicio o nudo de cuencas principales, como del Río Marañón, cuenca del Río Huallaga, del Río Mantaro, Cuenca del Río Perené y la cuenca del Río Pachitea.

La cuenca del Río Mantaro da origen a distintos ríos como el río San Juan, los que desembocan en los ríos Antiocha y río Yahuar Mayo, abarcando la Provincia de Pasco en los distritos de Simón Bolívar, Tinyahuarco, Vicco, Chaupimarca, Huayllay y Ninacaca. (ANEXO 5)

Normativa vigente

D.S. N° 44- 98-PCM-Reglamento Nacional para la Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles

“El Estándar de Calidad Ambiental(ECA), es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos”.

Según la Ley de Recursos hídrico:

“La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua”.

Según la Ley de Recursos hídricos, en el artículo 127 y 133

“Define que las zonas de protección del agua son áreas específicas de las cuencas hidrográficas o acuíferos cuyas características naturales requieren ser preservadas, para proteger o restaurar el ecosistema, y para preservar fuentes y cuerpos de agua, así como sus bienes asociados. La Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con la autoridad ambiental y las autoridades sectoriales correspondientes, podrá declarar zonas de protección de los recursos hídricos en las que se prohíba, limite o restrinja cualquier actividad que afecte la calidad del agua o sus bienes asociados. Dicha medida podrá adoptarse en aplicación del principio precautorio. Cuando exista grave riesgo de afectación a la salud de la población, podrá declararse zona de protección, para lo que deberá contarse con la opinión sustentada y favorable de la autoridad de salud.”

“Manifiesta que la Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el vertimiento de aguas residuales únicamente cuando:

- a. Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo, que permitan el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles – LMP.
- b. No se transgredan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, ECA - Agua en el cuerpo receptor, según las disposiciones que dicte el Ministerio del Ambiente para su implementación.
- c. Las condiciones del cuerpo receptor permitan los procesos naturales de purificación.

d. No se cause perjuicio a otro uso en cantidad o calidad del agua.

1.4. Formulación del problema

Problema General

¿Cuál es la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco frente a los vertimientos de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños, empleando un modelo de dinámica de sistemas al 2026?

Problemas específicos

- ¿Cómo el comportamiento dinámico del crecimiento poblacional de los asentamientos humanos aledaños deteriora la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco al año 2026?
- ¿Cómo el caudal de las aguas residuales deteriora la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco, simulado en un modelo de dinámica de sistemas al año 2026?

1.5. Justificación del estudio

La Laguna Patarcocha se encuentra ubicada en el distrito Chaupimarca en Pasco, tiene como principales factores contaminantes, las aguas residuales provenientes de las viviendas ubicadas a su alrededor y el material particulado que se volatiliza con el viento de origen de la actividad minera. Ambos factores identificados serán factores que influirán en el deterioro de la calidad de agua de la Laguna Patarcocha. Siendo el primero la principal variable en la presente tesis.

Por ello se plantea un modelo dinámico donde se simula los parámetros con que mide la calidad de agua de la Laguna Patarcocha, siendo estimada mediante la medición real de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y de datos históricos, permitiendo mostrar su comportamiento dinámico de la realidad en un tiempo determinado.

Haciendo así, que las empresas privadas, gobiernos locales y provinciales se comprometan y realicen planes de acción y prevención en la Laguna, para

mantener un ecosistema equilibrado, conservación del recurso natural y belleza paisajística.

1.6. Hipótesis

La calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco se deteriora gradualmente debido a los vertimientos de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños representado empleando un modelo de dinámica de sistemas al 2026.

Hipótesis Específica

- El comportamiento dinámico del crecimiento poblacional de los asentamientos humanos aledaños deteriora directamente la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco al año 2026.
- El caudal del vertimiento de las aguas residuales deteriora la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco al año 2026, simulado en un modelo de dinámica de sistemas.

1.7. Objetivo

Determinar si la calidad de agua en la Laguna Patarcocha-Pasco se deteriora gradualmente debido a los vertimientos de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños, empleando un modelo de dinámica de sistemas al 2026.

Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento dinámico del crecimiento poblacional de los asentamientos humanos aledaños frente a la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco al 2026.
- Establecer mediante un modelo de dinámica de sistemas el comportamiento del caudal del vertimiento de las aguas residuales frente a la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco al año 2026.

II. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo no experimental longitudinal, debido a que se recopilan datos sin manipular deliberadamente variables. Lo que se realiza en

la investigación no experimental es observar los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. SELITIZ (2011, pág. 105)

El estudio es de tipo aplicado, siendo el nivel de investigación descriptivo simple, es decir cómo se manifiesta determinado fenómeno. Los estudios descriptivos buscan resaltar las características primordiales de las personas, grupos u otro tipo de fenómeno llevado a análisis. SANKHE (2012, pág. 60)

Miden o evalúan aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto, es un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada uno de ellas independientemente, para así (vágase la redundancia), describir lo que se investiga, de este modo los estudios descriptivos se centran en medir con la mayor precisión posible. SELLITZ (2011, pag.61)

No se construye ninguna situación, se observan los fenómenos tal como son, sin dejar manipular las variables al investigador, ya que es investigación sistemática y empírica. El diseño no experimental puede ser clasificados en transversal o transeccional, donde se recolectan datos en un solo momento con el propósito de describir variables. TORO, I. (2006, p.158)

2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.2.1. VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (Variable independiente)

Las aguas residuales de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal). (ANA, anexo 1 J.F N°224).

2.2.2. CALIDAD DE AGUA (Variable dependiente)

“La calidad de agua es el conjunto de parámetros físicos, químico y microbiológicos, donde su composición y el estado en que se encuentre la biota, muestran variaciones espaciales y temporales, debido a factores externos e internos”. (Water Quality Assessment, pag.5)

Cuadro N°1. Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Las aguas residuales de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal). (ANA, anexo 1 J.F N°224)	El vertimiento de aguas residuales será medido por el caudal que ingresa a la laguna y el crecimiento población.	Crecimiento Poblacional	• Nacimiento	porcentaje
				• Defunciones	Número de persona
				• Tasa de natalidad	%
				• Tasa de mortalidad	%
				• Migración neta	Numero de persona
				• Tasa de migración neta	%
			Caudal	• Tasa de incremento anual de expulsión	%
				• Incremento de capacidad de expulsión	m³/s
CALIDAD DE AGUA	“La calidad de agua es el conjunto de parámetros físicos, químico y microbiológicos, donde su composición y el estado en que se encuentre la biota, muestran variaciones espaciales y temporales, debido a factores externos e internos”. (Water Quality Assessment,pag.5)	La calidad de agua se midió a través de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de la Laguna, siendo procesados en un modelo dinámico del software Stella, para estimar su variación en diez años.	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	• Sólidos suspendidos	mg/L
				• pH	Unidad de pH
				• DBO	mg/L
				• Oxígeno disuelto	mg/L
				• Nitratos	mg/L
				• Fosfatos	mg/L
			PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	• Coliformes Totales	Nmp/100ml

Fuente. Elaboración propia

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1. POBLACIÓN

La población es el agua de la Laguna Patarcocha con 125 193 471.87 m³ de volumen (Autoridad Nacional del agua), ubicada en el distrito de Chaupimarca. (ANEXO 9)



Figura 2. Vista satelital de Laguna Patarcocha
Fuente. Google Earth

2.3.2. MUESTRA

2.3.2.1. Muestra actual

La muestra se tomó en cuatro puntos a una distancia de 100 metros de diferencia en la Laguna Patarcocha. El volumen que se tomó para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fue de 9 litros equivalente a 0.009 m³ de agua, en envases de polietileno. (D.S. N° 037-2008 Para el sector de industria).

Las muestras tomadas se observan en el cuadro 2.

Cuadro N°2. Coordenadas UTM de los puntos de muestreo

Puntos de muestreo			
Punto	Coordenadas de ubicación		Descripción
	Este	Norte	
P-1 ^a	363198.00	8818429.00	Ubicado a 100 metros, horizontal de la caseta de bombeo
P-2 ^a	363105.00	8818627.00	Ubicado a 100 metros, horizontal al Coliseo Chaupimarca.
P-3 ^a	362919.00	8818441.00	Ubicado a 200 metros frente a la caseta de bombeo aireadores
P-4 ^a	363020.00	8818283.00	Al noroeste de la Laguna(Salida del barrio Cancha Blanca)

Fuente: Elaboración propia

Muestra histórica

Se recopilaron datos de hace cinco años atrás para tomarlo como referencia para dando a conocer que los factores sometidos al modelo cumplen un comportamiento dinámico cercano a la realidad.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1. Técnica: Observación

La técnica que fue empleada para la siguiente información de observación, definiéndose como el grupo de hechos y acciones relacionadas a los fenómenos observados por el investigador, donde no se manipulan las variables. En tal sentido que se podría decir que la observación es equivalente al dato, que será provisto y procesado a un proyecto de investigación. Pudiendo ser clasificado como: observación de tipo abierto y observación de tipo discreto. PARDINAS (2005, p.89).

2.4.2. Instrumento: Ficha de observación

El instrumento utilizado en la presente investigación fue una Ficha de observación, donde se recopilaron los datos actuales tomados de la Laguna Patarcocha. (VER ANEXO 2)

2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento

Validación del modelo dinámico

Mediante una serie de ensayos, el modelo dinámico fue evaluado, ajustando estructura y parámetros hasta lograr un diseño representativo de la realidad. Para verificar que no se cometieron errores durante la construcción del modelo, se realizaron distintos análisis de sensibilidad de las variables, realizando modificaciones en los parámetros numéricos y ecuaciones planteadas, hasta verificar que los tipos de resultados obtenidos fueran adecuados y congruentes con la realidad.

Por ello el modelo final se validó teniendo en cuenta los datos históricos que coinciden con los resultados del modelo dinámico.

Validación de Ficha de observación

La Ficha de Observación se validó en base al criterio de expertos, a través de una ficha de validación. (VER ANEXO 10)

2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para la metodología de la presente tesis se realizó el procesamiento de datos históricos en un modelo dinámico del software Stella.

2.5.1. Condiciones de STELLA para la investigación

A partir de los datos históricos recopilados de hace cinco años anteriores de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos del cuerpo de agua, caudal de aguas residuales y demografía, y el obtenido del presente año, se generó un modelo dinámico para diez años posteriores, para determinar el comportamiento dinámico de los factores que afectan a la calidad de agua de la Laguna Patarcocha, para lo cual se utilizó el software Stella 9.0.2,

reflejando dichos comportamientos a través de diagramas no lineales y tablas.

2.5.2. Proceso de análisis para datos actuales

Ubicación Geográfica

La Laguna Patarcocha se encuentra a una altitud de 4 338 m.s.n.m., latitud sur de 10°40'58" y longitud oeste de 76°15'20", con una superficie de 2.13 km² y de profundidad 0.965 km, en el distrito de Chaupimarca en Cerro de Pasco que está ubicado en la parte central de la Región de Pasco se le denomina la "Ciudad más Alta del Mundo", a una distancia 310 km de la capital del PERÚ (Lima). Su clima es seco, con un promedio de temperatura de 8°C durante el año.

Demografía

Según el INEI en el censo del 2007 la población del distrito de Chaupimarca en proyección al 2010 la población fue de 27,875 habitantes, siendo uno de los más poblados en la provincia de Pasco, después de Paucartambo con 24 303 mil habitantes.

La densidad poblacional del distrito es de 072.52 hab/Km², siendo un indicador principal para evaluar el crecimiento poblacional. (VER ANEXO 4)

Método de recojo de muestras en campo

Se recopilaron datos de los cuatro puntos de muestra de la Laguna Patarcocha, adjuntándolo en una ficha de observación para determinar su estado actual, siendo posteriormente procesadas en el programa Stella, quien ayudó a estimar la calidad de agua que tendrá la Laguna Patarcocha en un periodo de diez años a partir del 2016.

Las muestras tomadas de la Laguna se trasladaron en botellas de Polietileno con tres gotas de conservante (H₂SO₄), para no alterar los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua a analizar, además de gel refrigerante en el culer, manteniendo una temperatura de ≤ 6°C a un pH de 2.

Las muestras fueron llevadas a laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, donde se realizaron los siguiente análisis: Parámetros fisicoquímicos:

Sólidos suspendidos; Parámetros químicos: pH, DBO₅, Oxígeno disuelto, Nitratos, Fosfatos; y Parámetros microbiológicos: Coliformes totales.

Método de Análisis en laboratorio:

Parámetros Fisicoquímicos

a) Sólidos Suspendidos

Se hidrataron discos con 50 ml de agua destilada a través de la bomba de filtro a -0.5 de presión en un promedio de 5 minutos, una vez fuera se llevaron a la estufa a 105 °C por una hora, para realizar el peso inicial de cada disco en una balanza analítica. Se filtraron 100 ml de las cuatros muestras tomadas por el filtro, para llevarlas nuevamente a la estufa por una hora. Para que posteriormente se le llevara al desecador y realice el peso final.

La formulada realizada fue:

$$SST \frac{mg}{l} = \frac{p2 - p1}{vol} * 1000$$

b) Potencial de hidrógeno (pH)

Para medir pH de la Laguna fue necesario el potenciómetro, que se midieron en laboratorio.

c) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Para realizar el análisis de DBO₅, se trasladaron las muestras con dos gotas de ácido sulfúrico como conservante refrigeradas.

Se realizó el agua de dilución, conteniendo 2/200 de concentración por cada muestra tomada, incluyendo los tres ensayos. Se diluyó en 2000 ml de agua destilada 2 ml de Cl₃Fe, 2ml de CaCl, 2 ml de SO₄Mg y 2ml de Buffer, en una fiola. De la dilución se extrajo 10 ml para agregarle 10 ml de la muestra tomada en campo, se agitó y se trasladó a cuatro botellas, siendo una de ellas el blanco, considerándose como día 0, a quien se le agregó 1 ml de RI(Sulfato de manganeso) y 1 ml de R II (Sol. Alkali

Ioduro Nitrato), se homogenizó para agregarle 1 ml de H₂SO₄, lo que se midió en una probeta de 200 ml y se vació en un matraz para titular con Tiosulfato de sodio al 0.025 N, dando color amarillo claro, además se introdujo 1 ml de almidón, volviéndose color azul oscuro 0que al seguir titulando se tiene color transparente.

Los otros tres ensayos que quedaron de cada muestra pertenecían al día 5, los que fueron encubados por cinco días a 20°C para evitar que se forme oxígeno para algas. Se realizó el mismo procedimiento de los ensayos del día cero.

El resultado se halló con la siguiente fórmula

$$DBO_{5\text{ mg/l}} = (OD_0 - OD_5) * 50$$

d) Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto se analizó conjuntamente con el análisis de Demanda Bioquímica de oxígeno. Por tanto es necesario, para su resultado.

El resultado se halló con la siguiente fórmula

$$[OD]_{\text{mg/l}} = \frac{g * 0.8 * V}{V - 2}$$

Siendo g: el gasto de tiosulfato de sodio y V el volumen de la botella de DBO.

e) Nitratos

Para realizar la medición de nitratos, se filtraron 150 ml por cada muestra para realizar tres ensayos por cada una. Separándolos en fioles de 50 ml, añadiéndose 1 ml de ácido clorhídrico en cada una, por encima del aforo. Midiendo la absorbancia en el espectrofotómetro, tras la posterior medida de la curva de calibración.

Para realizar la curva de calibración

Se toma de la solución estándar de 100 ppm, una solución hija de 10 ppm, para agregar los volúmenes considerados en el cuadro según su concentración, agregando 1 ml de ácido clorhídrico(HCl) al 1 N, para hallar la absorbancia en el espectrofotómetro a 500nm.

- Patrón N-NO₃=100 mg/l
- Solución hija N-NO₃= 10 mg/l

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$10\text{mg/l} \cdot x = 0.1\text{ml/g} \cdot 50\text{ ml}$$

$$x = 0.5\text{ ml}$$

Cuadro N°3. Datos de para curva de calibración de nitratos

Muestra	Alícuota (ml)	Concentración (mg/l)	Absorbancia (nm)			Volumen (ml)
			220	500	Dif.	
B	0	0	0	0	0	50
I	0.5	0.1	0.235	0.049	0.186	50
II	1	0.2	0.457	0.098	0.359	50
III	2	0.4	0.913	0.178	0.735	50
IV	4	0.8	1.761	0.355	1.406	50

Fuente. Elaboración propia

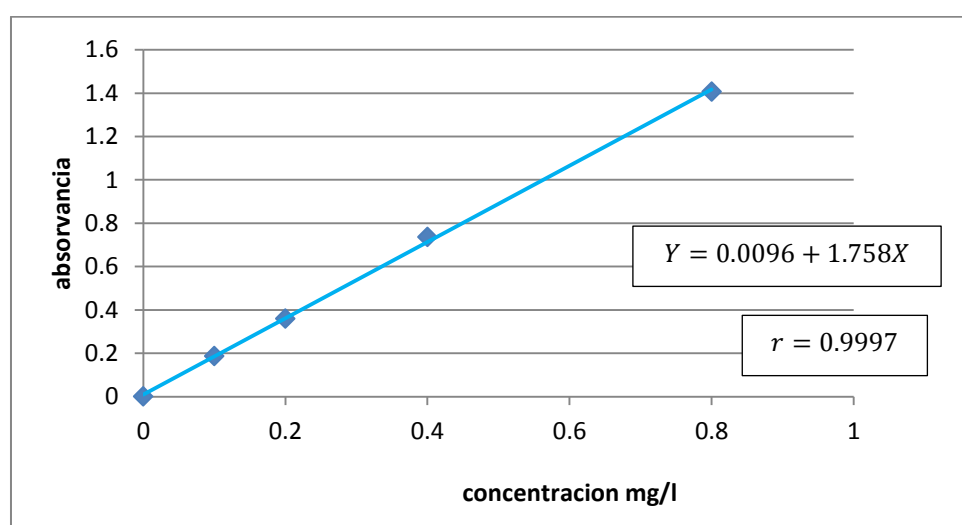


Gráfico N°1. Curva de calibración de nitratos

Fuente. Elaboración propia

En el gráfico se puede observar que la regresión es lineal teniendo un “r” con valor de 0.9997, teniendo una adecuada relación la concentración (x) con la absorbancia (y)

La fórmula que se utilizó fue de la regresión lineal:

$$Y = A + BX$$

f) Fósforo total

Las muestras para la determinación de fosfatos se filtraron a través de filtros de membrana 0.45μ de poro, remojándolos con 150 ml por cada muestra (4) para realizar tres ensayos por cada una, con el fin de evitar la contribución de fósforo en muestras de baja concentración.

Se preparó un reactivo combinado para 100 ml, mezclándose 50 ml de ácido sulfúrico al 5N, 5 ml de tartrato antimonílico potásico, 15 ml de molibdato amónico al 4% y 30 ml de ácido ascórbico, dejándolo un momento para decantar

Se le agregó 8 ml del reactivo combinado a cada muestra, enrazándolos a 50 ml de la fiola, mostrándolo un color azul, dejándolos 30 minutos en reposo para medir la absorbancia de cada muestra a 880 nm, para llevarlos al espectrofotómetro, usando un blanco reactivo como solución de referencia.

Para realizar curva de calibración:

Se diluye del patrón de fosfatos de 1000 ppm a una solución hija de 10 ppm, para agregar los volúmenes considerados en el cuadro según su concentración, agregando 8 ml del reactivo combinado y midiéndolo en el espectrofotómetro a 880 nm.

Cuadro 4. Calibración de fósforo total

Muestra	Alícuota (ml)	Concentración (mg/l)	Absorbancia (880 nm)	Volúmen (ml)
B	0	0	0	50
I	0.5	0.1	0.245	50
II	1	0.2	0.405	50
III	2	0.4	0.662	50
IV	4	0.8	1.089	50
V	8	1.6	1.446	50

Fuente. **Elaboración propia**

Siendo r : 0.9605

A: 0.1933

B: 0.8668

$$Y = 0.1933 + 0.8668X$$

Parámetros microbiológicos

Coliformes Totales

Para recoger las muestras y realizar los análisis microbiológicos, se utilizaron dos frascos de polietileno esterilizados en buenas condiciones, se llenó el agua sin realizar un enjuagado previo, dejando una parte del envase vacío para que oxigene a los microorganismos, siendo tapado inmediatamente de tal manera de evitar el ingreso de sustancias extrañas que alteren los resultados. Se refrigeró a 6°C y fue trasladado al laboratorio en un tiempo de 24 horas.

Método de filtración por membrana

Se sembraron diluciones de las cuatro muestras en cultivos líquidos, considerando números de cultivos positivos y negativos, se introdujeron 32 g de sustrato (caldo brilla), en 1000 ml de agua destilada para diluirlo, según la fórmula realizada. Se vació por medio de una bureta 9 ml de la dilución a los 144 tubos de ensayos introduciéndolos una campana de 3 cm, por las cuatro muestras tomadas realizando tres ensayos de cada una. Se tapó cada tubo con algodón para que no se altere y se les puso a vasos precipitados para llevarlos posteriormente al autoclave a una presión de 125 pa por 15 minutos. Se deja en el refrigeradora por 48 horas; se prepara en 100 ml de agua destilada 1.5 g de peptone wáter, para autoclavarlos por 15 minutos a presión de 121 kpa, en tubos de ensayo 9 ml, refrigerar. Por cada tres tubos de ensayos se tiene un nutritivo, que vacea con pipetas esterilizadas y se le deja encubar.

La forma para identificar, se dio por la cantidad de aire formado dentro de la campana.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados de Laboratorio

Se realizaron ensayos para determinar los siguientes parámetros:

Resultados de sólidos suspendidos

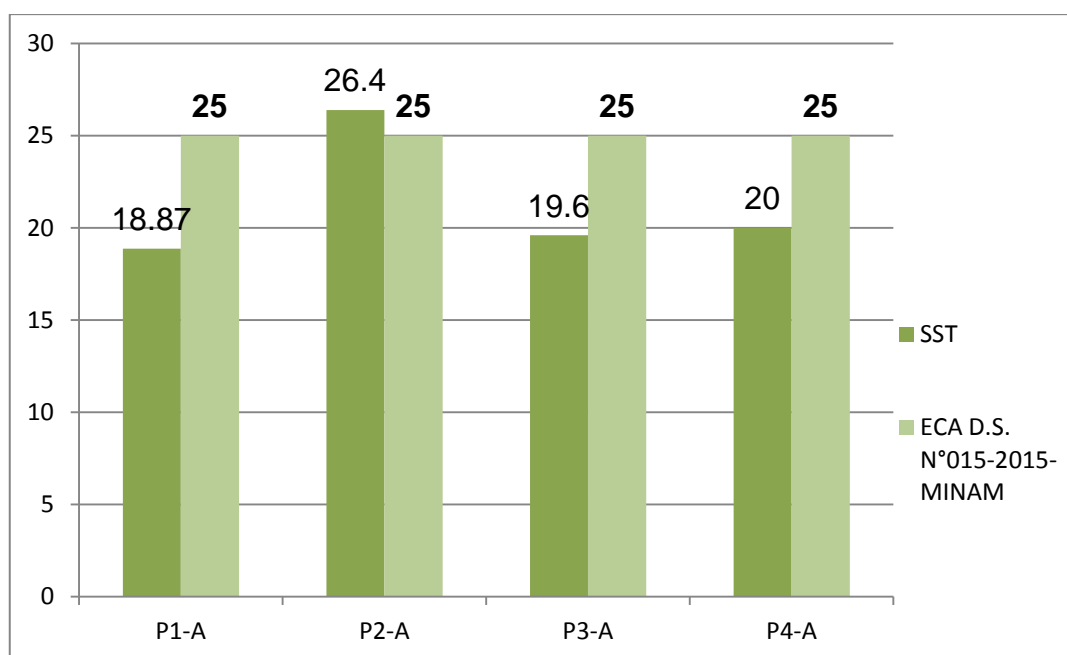
Se realizaron tres ensayos de cada muestra tomada para que tenga confiabilidad, los cuales serán promediados para obtener un solo resultado que será añadido al software.

Cuadro 5. Resultado de sólidos suspendidos totales de laboratorio

MUESTRAS	N° ensayos	Peso inicial	Peso final	SST (mg/L)	Prom. /mues
P-1A	Ensayo 1	35.43	36.33	18	18.867
	Ensayo 2	35.48	36.36	17.6	
	Ensayo 3	32.16	33.21	21	
P-2A	Ensayo 1	22.94	24.3	27.2	26.4
	Ensayo 2	22.65	23.89	24.8	
	Ensayo 3	35.45	36.81	27.2	
P-3A	Ensayo 1	22.97	23.72	15	19.6
	Ensayo 2	22.75	23.7	19	
	Ensayo 3	22.86	24.1	24.8	
P-4A	Ensayo 1	35.43	36.41	19.6	20
	Ensayo 2	35.32	36.32	20	
	Ensayo 3	22.81	23.83	20.4	
				Promedio	21.217

Fuente. Elaboración propia

Gráfico 2. Comparación de sólidos suspendidos totales con ECA



Fuente. Elaboración propia

Según el gráfico 2, la muestra 2 con resultado 26.4 mg/l, sobrepasa los Estándares de calidad ambiental que es de 25 mg/l, siendo considerado uno de los puntos donde la concentración de sólidos totales es mayor, por lo que se puede decir que hay mayor residuos orgánicos o sales. En cambio los demás puntos se encuentran dentro del parámetro, pero al ser promediado los resultados de las cuatro muestras para procesarlo en el modelo, resulta 21.21 mg/l, estando dentro del estándar ambiental

Resultados de Potencial de hidrógeno (pH)

Para determinar el potencial de hidrógeno se utilizó un potenciómetro, que dio como resultados

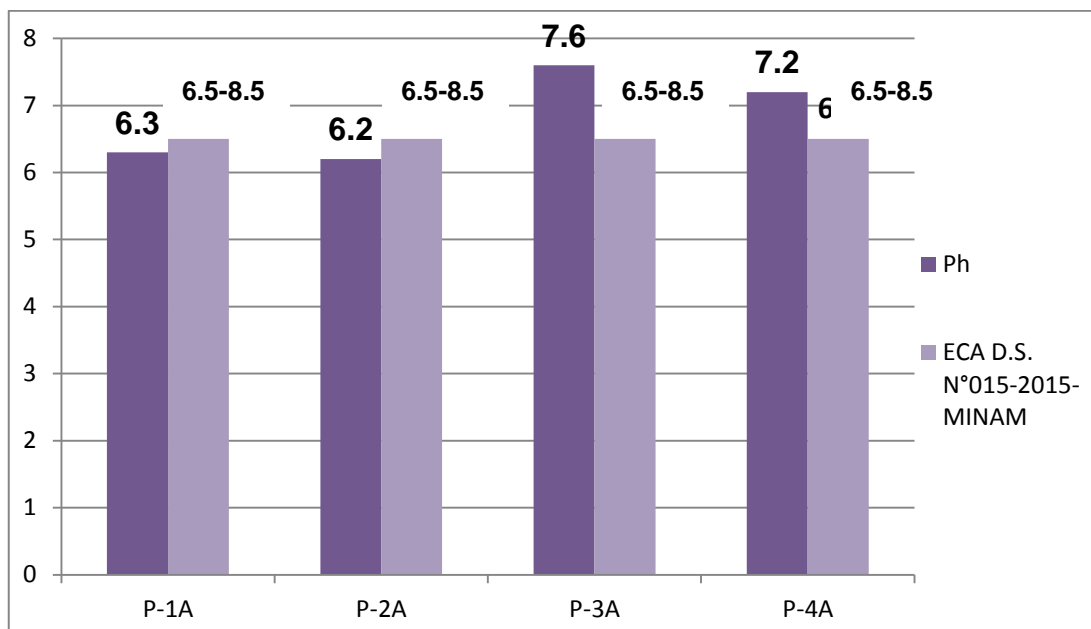
Cuadro 6. Resultados de pH

MUESTRAS	pH
P-1A	6.3
P-2A	6.2
P-3A	7.6
P-4A	7.2

Fuente. Elaboración propia

El cuadro muestra los resultado de los análisis de potencial de hidrogeno de los cuatro puntos de la Laguna Patarcocha.

Gráfico 3. Comparación de pH de las muestras con ECA



Fuente. Elaboración propia

Según se puede observar en el gráfico 3, las muestras que tienen el pH ácido son las muestras 1 y 3, encontrándose fuera de los estándares de calidad establecidos en el ECA D.S. N°015-2015-MINAM, en la categoría 4 de conservación de recursos. Estando las muestras 3 y 4 dentro de los de parámetros estandarizados.

Resultado de Demanda Bioquímica de oxígeno

Se realizaron tres ensayos por cada uno de las cuatro muestras, siendo los resultados demostrados en el cuadro 8.

Cuadro 7. Resultados de DBO₅

	DIA 0	DIA 5	PROM. TOTAL ((Día 0- Día 5)/0.01)	DBO ₅
P-1A	6.2	4.8	140	80.0
	6.2	5.6	60	
	6.2	5.8	40	
P-2A	7.4	6.8	60	86.7
	7.4	6.3	110	
	7.4	6.5	90	
P-3A	5.8	4.6	120	76.7
	5.8	5.2	60	
	5.8	5.3	50	
P-4A	6.7	5.7	100	63.3
	6.7	6.2	50	
	6.7	6.3	40	

Fuente. Elaboración propia

En el cuadro 8, se observa los ensayos que se realizaron por cada muestra para la confiabilidad de datos de análisis de laboratorio, tomando el promedio de dichos ensayos como un resultado más exacto de cada muestra.

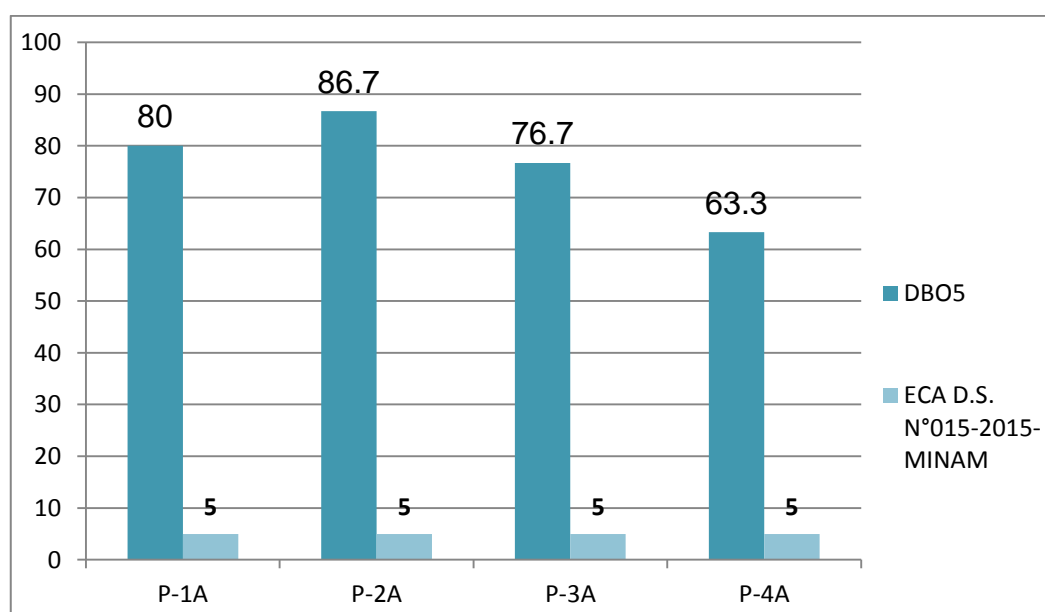


Gráfico 4. Comparación de DBO con los ECAS

Fuente. Elaboración propia

Según el gráfico 4, todas las muestras sobrepasan los estándares de calidad ambiental de demanda biológica de oxígeno con un mínimo de 63.3 mg/l y teniendo un pico máximo de 86.7 mg/l, siendo establecidos en el D.S. N°015-2015-MINAM, por lo que se puede considerar que existe mayor demanda de oxígeno por los microorganismos.

Análisis de Nitratos

Se realizaron análisis de cuatro puntos, siendo los resultados:

$$Y = 0.0096 + 1.758X$$

Cuadro 8. Resultados de concentración de nitratos

P-1A	P-2A	P3-A	P-4 ^a
$0.431 = 0.0096 + 1.758X$ $N-NO_3^- = 2.391 \text{ mg/l}$	$0.482 = 0.0096 + 1.758X$ $N-NO_3^- = 3.561 \text{ mg/l}$	$0.563 = 0.0096 + 1.758X$ $N-NO_3^- = 4.162 \text{ mg/l}$	$0.563 = 0.0096 + 1.758X$ $N-NO_3^- = 2.562 \text{ mg/l}$

Fuente. Elaboración propia

En el cuadro 9, se observan los resultados de nitratos que se realizaron a los cuatro puntos de Laguna Patarcocha.

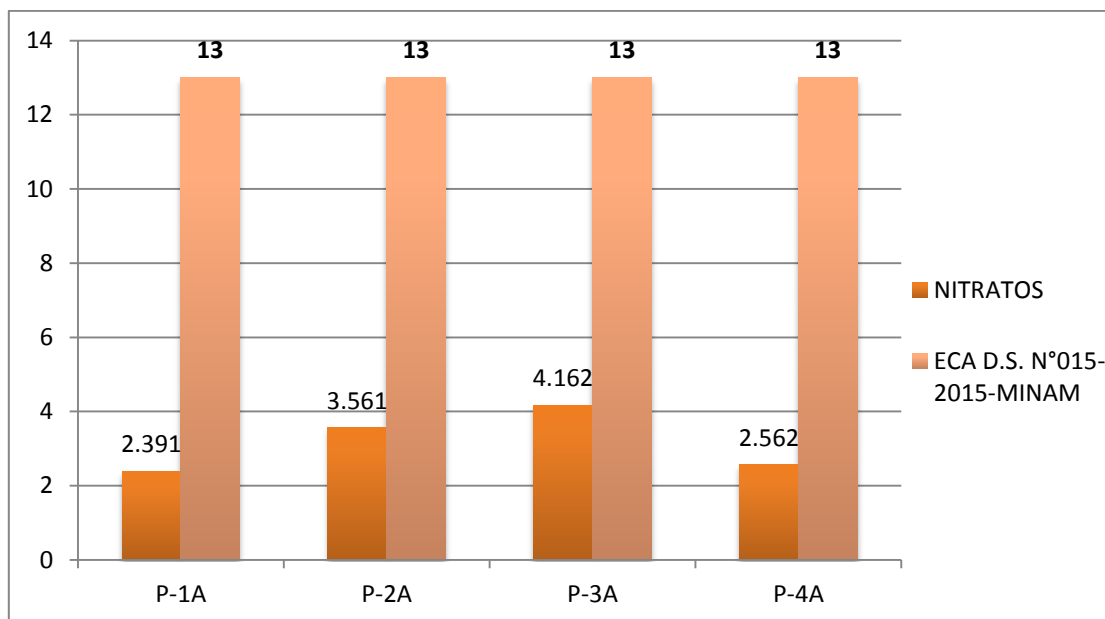


Gráfico 5. Comparación de resultados de nitratos con ECA

Fuente. Elaboración Propia

En el gráfico 5, se puede observar que las concentraciones de nitrato de las cuatro muestras analizadas, se encuentran dentro de los estándares de calidad de agua establecidos en el D.S. N°015-2015-MINAM.

Análisis de Fósforo Total

Se realizaron análisis de cuatro puntos, siendo los resultados: Siendo a: 0.0096 y b: 1.758

Cuadro 9. Resultado de concentración de fosforo total

P-1A	P-2A	P-3 ^a	P-4 ^a
$0.431 = 0.0096 + 1.758X$	$0.482 = 0.0096 + 1.758X$	$0.563 = 0.0096 + 1.758X$	$0.563 = 0.0096 + 1.758X$
PO ₄ =37.96	PO ₄ =16.67	PO ₄ =23.71	PO ₄ =32.71

Fuente. Elaboración propia

En el cuadro 10, se muestran los resultados de las concentraciones de fósforo total de las cuatro muestras realizadas en laboratorio por el método de ácido ascórbico

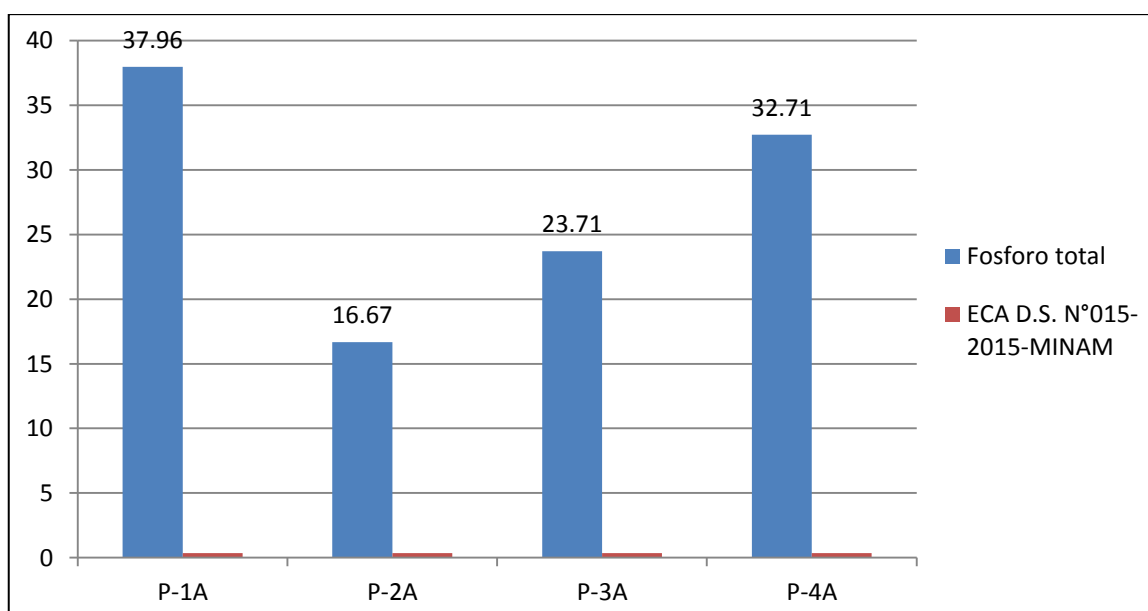


Gráfico 6. Comparación de resultados fósforo total con ECA

Fuente. Elaboración propia

En el gráfico 6, se puede observar que todas las muestras superan los estándares de calidad de agua en una concentración alta.

Parámetro microbiológico

Coliformes totales

Los resultados de los coliformes totales se realizaron por conteo, donde se realizaron tres ensayo de cada muestra, demostrándose en el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Resultados de coliformes totales

Muestra	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	coliformes totales (coliformes/100 ml)
P-1 A	-	-	+	3600
P-2 ^a	-	-	-	4300
P-3 ^a	+	-	-	2500
P-4 ^a	+	-	+	1950

Fuente. Elaboración propia

3.2.RESULTADOS DE DATA HISTÓRICA EN LA LAGUNA PATARCOCHA

Resultados de datos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Los datos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la laguna Patarcocha se recopilaron desde el año 2010 hasta el 2015, para tomarlo como referencia.

Cuadro 11. Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Laguna Patarcocha en el 2010

PUNTOS DE MONITOREO	pH	OD mg/L	DBO mg/L	Ptotal mg/L	NO3 mg/L	Solidos suspendidos mg/L	coliformes totales (coliformes/100 ml)	coliformes fecales (coliformes/ 100 ml)
P1	7.87	7.2	65.3	75.1	2.25	150.2	11000	4900
P2		7.4	65.4	65.4	2.23	149.6	11000	4900
P3	5.8	7.5	65.5	65.5	2.21	144.2	2100	2600
P4	5.7	7.4	60.2	59.4	2.2	135.8	2000	2800

Fuente. UNDAC. Boletín de defensa y recuperación de ecosistema

Cuadro 12. Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Laguna Patarcocha en el 2011

PUNTOS DE MONITOREO	pH	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	P total (mg/L)	NO3 (mg/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	coliformes totales (coliformes/100 ml)	coliformes fecales (coliformes/100 ml)
p1	5.8	7.4	75.3	85.1	3.25	153.6	12000	5100
P2	5.3	2.6	75.4	82.9	3.23	158.5	10000	4100
P3	5.7	2.7	75.5	82.2	3.21	150.3	2300	1900
P4	5.1	3.2	70.2	79.7	3.2	140.6	1050	1350

Fuente. UNAC Avelino C. Monitoreo “Monitoreo y Diagnóstico de la Eutrofización de La Laguna de Patarcocha por Actividades Antropogénicas, en Cerro De Pasco”

Cuadro 13. Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Laguna Patarcocha en el 2016

PUNTOS DE MONITOREO	pH	OD mg/l	DBO mg/l	P total mg/l	NO3 (mg/l)	Sólidos suspendidos	coliformes totales (coliformes /100 ml)	coliformes fecales (coliformes /100 ml)
P1	6.3	6.2	80	37.963	2.391	18.87	9000	3600
P2	6.2	3.4	86.7	15.67	3.562	26.4	7000	4300
P3	7.6	4.2	76.7	23.71	4.162	19.6	3200	2500
P4	7.2	5.3	63.3	32.71	2.562	20	550	1950

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 14. Precipitación y Temperatura anual

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
T(C°)	6	6	6	6	6	6	6
pp(mm)	2.3	1.59	1.51	1.58	1.44	1.25	0.98

Fuente. SENAMHI

Recopilación de datos del caudal de aguas residuales

Los datos de caudal de las aguas residuales vertidas a la Laguna Patarcocha considerada como un cuerpo receptor.

Cuadro 15. Caudal de aguas residuales

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
8.97	9.02	9.06	9.11	9.15	9.19	9.25

Fuente. Municipalidad de Pasco

Recopilación de datos de población

Además se recopilamos datos del INEI, para modelar el comportamiento del crecimiento poblacional de los asentamientos aledaños que vierten las aguas residuales a Laguna Patarcocha, considerando la tasa de crecimiento anual de la provincia de Pasco, tasa bruta de natalidad, tasa bruta de mortalidad y tasa neta de migración del año de partida 2010.

Cuadro 16. Población proyectada que afecta la Laguna Patarcocha

2007	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
27873	19380.83	19477.74	19575.13	19673.00	19771.37	19870.22	19969.58

Fuente. INEI, Censo de población y vivienda 2007

El cuadro 16, representa desde la segunda columna el año donde se toma en cuenta el modelo dinámico de la población que afecta la calidad de la Laguna que es el 65% de la población de Chaupimarca, considerando que se encuentran dentro de las cotas de limitación de vertimiento de aguas residuales

Dichos datos sirven para comenzar el modelo y determinar que el comportamiento del modelo está siendo adecuado durante el tiempo simulado

3.3. Modelamiento dinámico

Estructura de diagrama causa

Para el procesamiento de análisis de las muestras de la Laguna Patarcocha, se llevaron a gabinete para promediar los resultados de los cuatro puntos tomados y procesarlo al software Stella y programa estadístico. Para procesar la data, se realizó un diagrama causal.

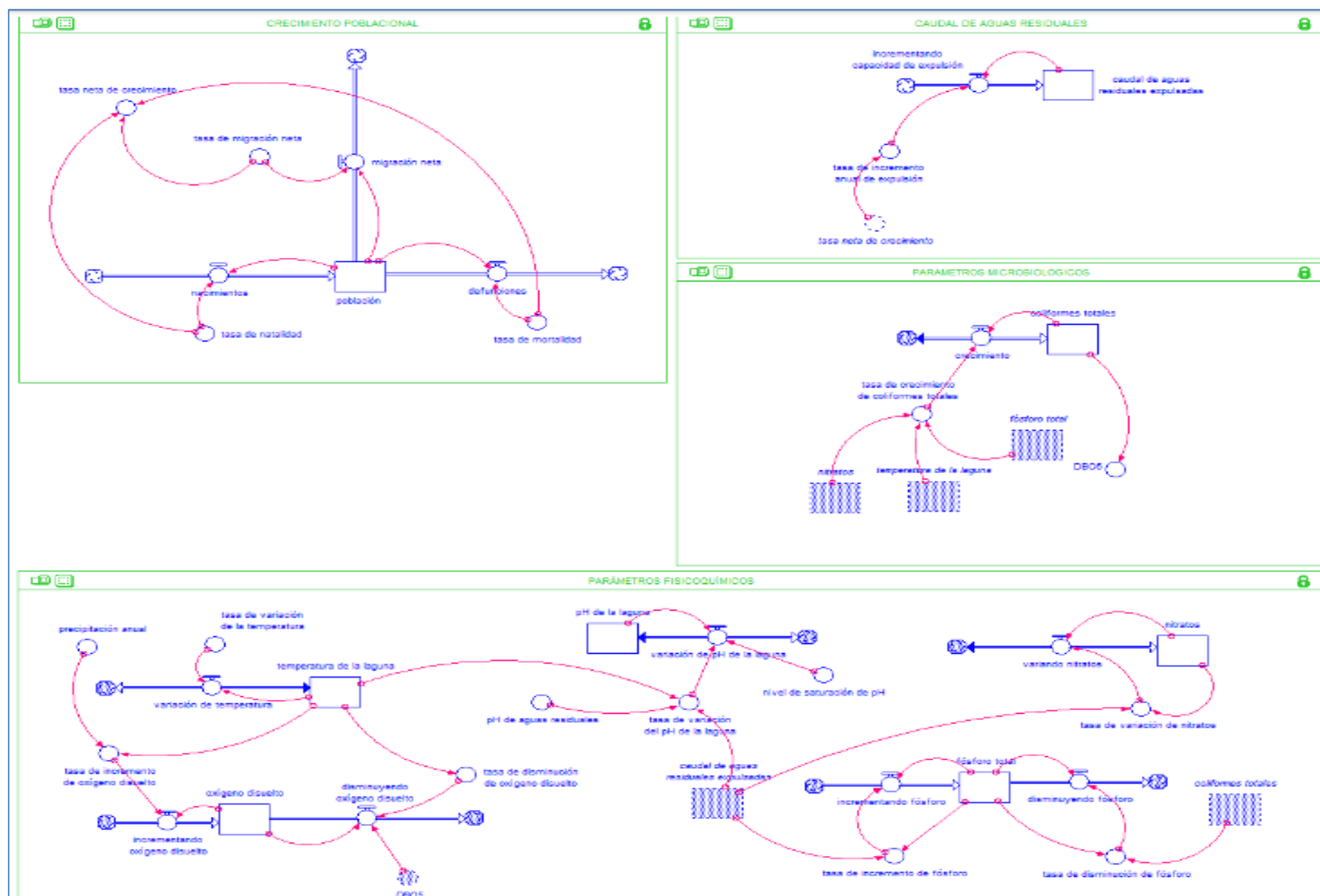
Formación de diagrama de FORRESTER

El modelo generado es la interconexión de los elementos analizados en laboratorio y extraídos de fuentes desde el año 2010, para determinar la variación de las concentraciones de los parámetro fisicoquímicos y microbiológicos que va tener la calidad de agua de la laguna frente al vertimiento de las aguas residuales de los asentamientos humanos aledaños, vinculando la población creciente durante el periodo de diez años.

Los modelos dinámicos trabajan con variables acumulativas o niveles que almacenan y guardan cantidades fijas de material.

Se desarrolló el diagrama de Forrester, para conectar a través de flujos los principales elementos que tienen incidencia en la calidad del agua de Laguna Patarcocha como es el crecimiento poblacional de los asentamientos humanos aledaños, caudal de aguas vertidas y las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Figura 3. Diagrama de Forrester



Fuente. Elaboración propia

Sector de crecimiento poblacional

El modelo mostrado representa al crecimiento poblacional que tienen los asentamientos humanos aledaños al recurso en el distrito de Chaupimarca, que afecta la calidad de agua de la Laguna Patarcocha, al verter directamente sus aguas residuales, teniendo como valor inicial la cantidad de 19831 individuos del año 2010, considerando como indicadores o variables auxiliares del modelo expresadas en tasa neta de crecimiento, tasa de migración neta, migración neta, nacimientos, defunciones, la tasa de natalidad y tasa de mortalidad. Siendo la tasa de natalidad de 15.56.

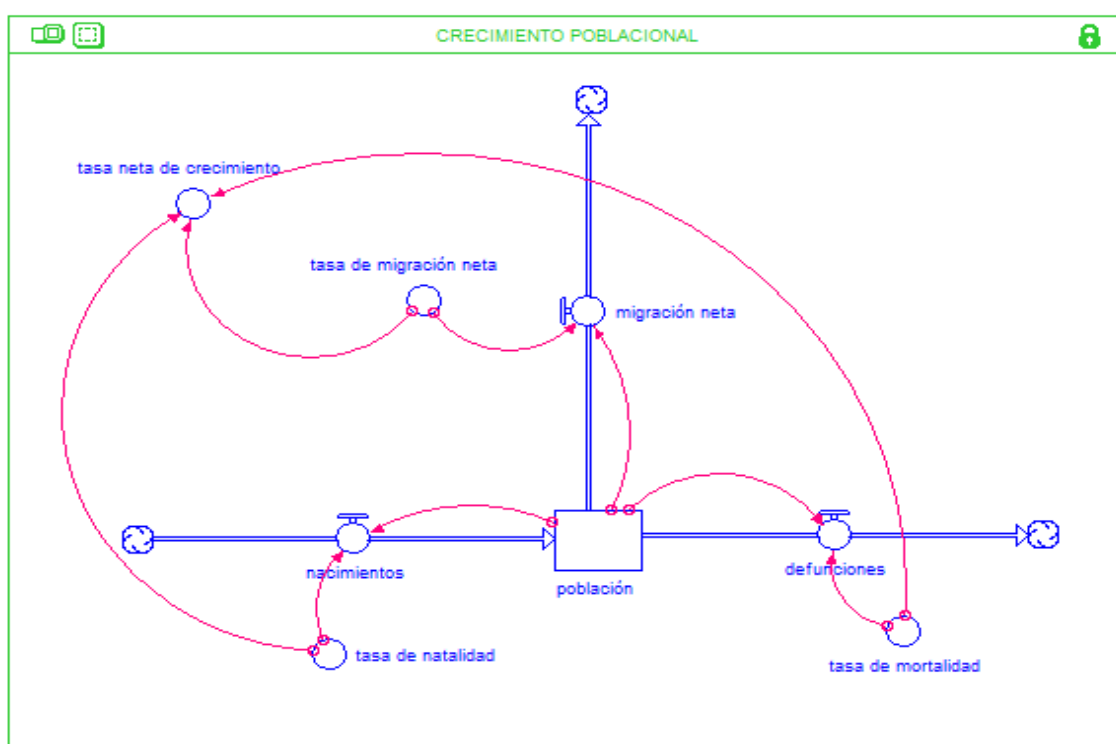


Figura 4. Modelo del crecimiento poblacional de los asentamientos aledaños de la Laguna Patarcocha

Fuente. Elaboración propia

El primer stock formado es de crecimiento poblacional que se origina de los flujos que inyectan individuos en la población a partir de los nacimientos anuales, y teniendo un flujo de salida que retira material del stock, encontrándose asociados a la mortalidad ocurridos en la localidad, sabiendo que la tasa es de 5.54%. De esta forma el flujo asociado corresponde a un flujo neto de salida,

siendo la migración neta igual a la población por la tasa de migración neta. La tasa neta de crecimiento se obtiene del total neto en tasa de los nuevos individuos introducidos anualmente

Sector caudal de Aguas Residuales

Se traslada la tasa neta de crecimiento del anterior sector empleando la herramienta Ghost (tiene como función de mover una variable a otra parte del modelo).

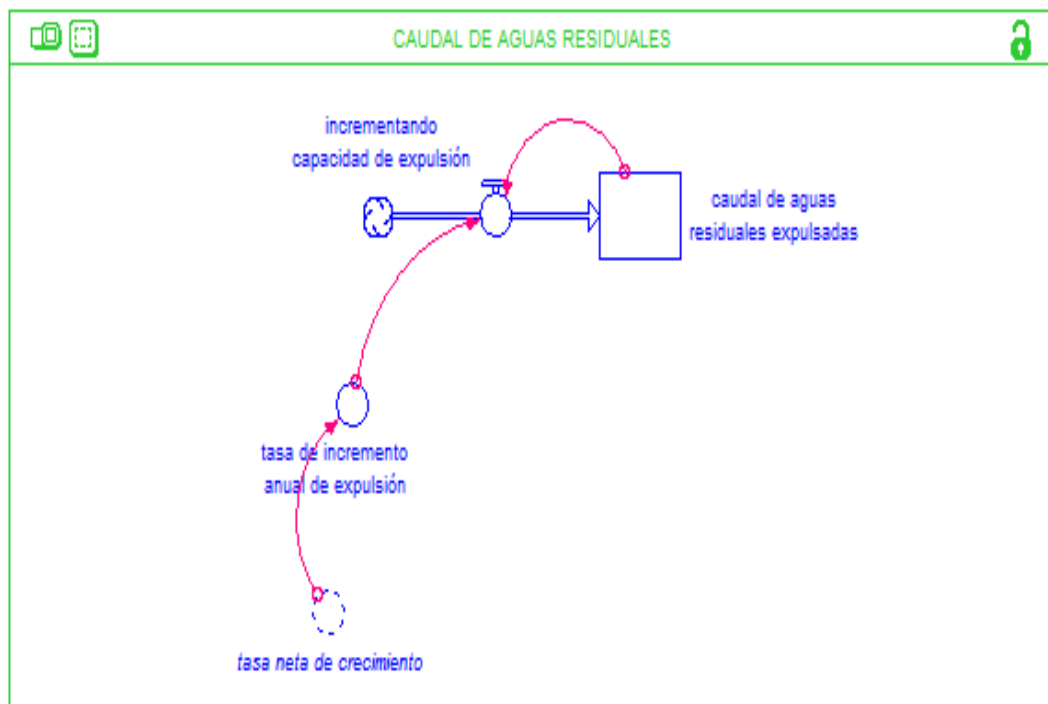


Figura 5. Modelo del caudal de aguas residuales vertidos a la Laguna

Fuente. Elaboración propia

Según la figura 5, se demuestra que la tasa de incremento anual de expulsión de aguas residuales en la Laguna está relacionada con la tasa neta del crecimiento poblacional debido a la gran cantidad de personas en la localidad, siendo la generación de material residual mayor. Sin embargo la asociación no se puede hacer demasiada directa para lo cual se utiliza una tasa de error de 0.005. Después se le agrega un nivel que acumula el caudal de aguas residuales expulsadas anualmente en promedio, definiendo en caudal como la expulsión del

efluente en un segundo, teniendo como valor inicial en el año 2010, 8 L/s. La capacidad de expulsión o caudal será positivo debido a la tendencia al crecimiento de la población, pudiendo ser afectado por su tasa de incremento.

Sector de parámetros microbiológico

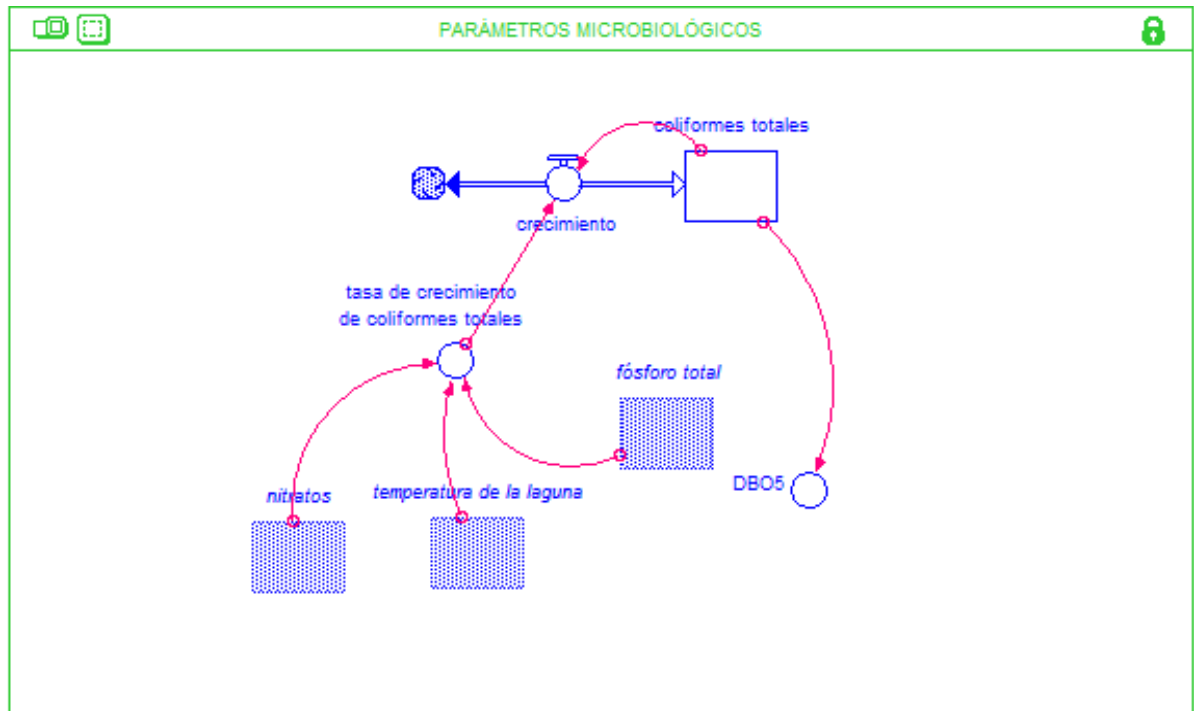


Figura 6. Modelo de los parámetros microbiológico de la Laguna Patarcocha

Fuente. Elaboración propia

Sector de parámetros fisicoquímico de Laguna Patarcocha

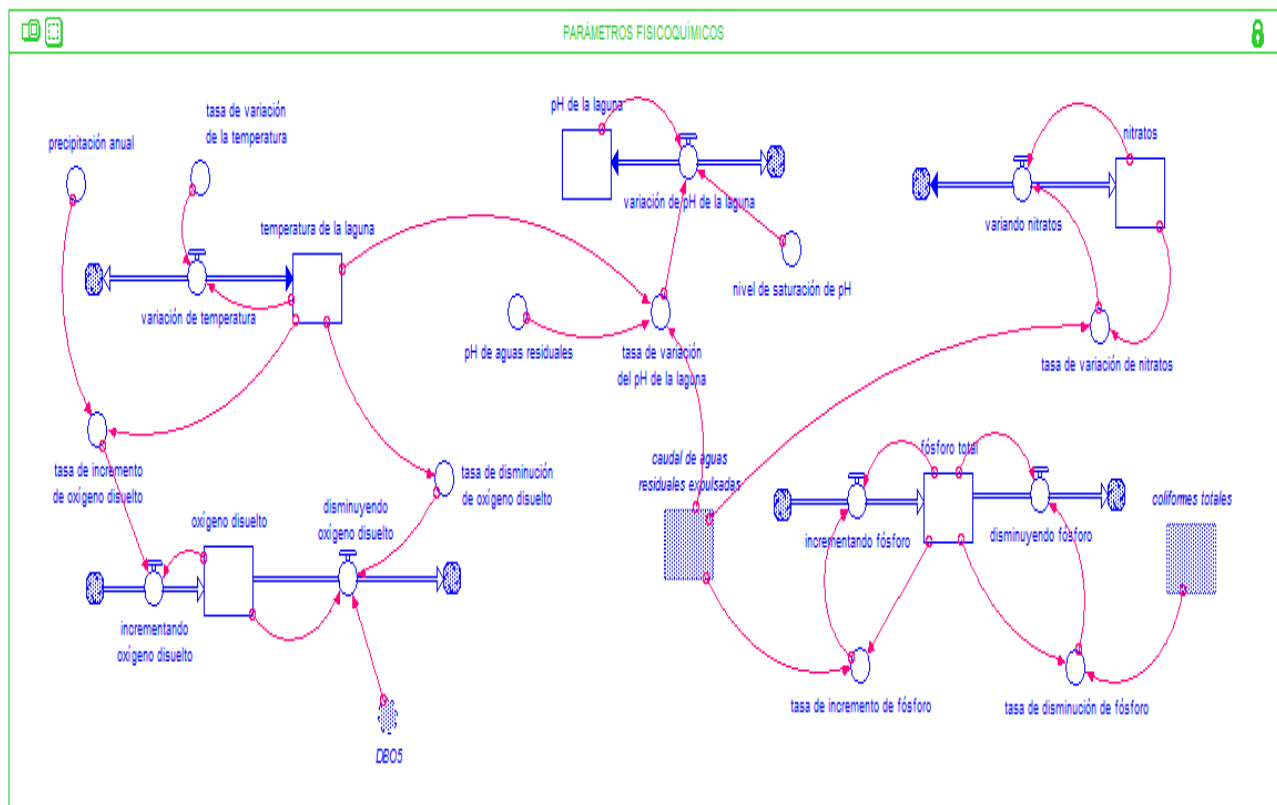


Figura 7. Modelo de los fisicoquímicos de la Laguna Patarcocha

Fuente. Elaboración propia

En la figura 7, se muestra la precipitación anual del distrito de Chaupimarca en un *converter*, se considera en ello la desviación estándar y la media para las condiciones normales en sus mediciones históricas: *precipitación anual* = $PULSE(NORMAL(1.5214, 0.405, 22), 2010, 1)$, $NORMAL(media, desviación\ estándar, <semilla>)$, donde el parámetro *semilla* es opcional a un número comprendido entre 1 y 32000, considerando en el modelo un valor de 22. Por otro lado la función *PULSE*, hará que las precipitación calculada al inicio del modelo de cada año.

Se introduce adicionalmente un *Stock*, que acumula la temperatura de la Laguna Patarcocha, teniendo inicialmente un valor de 6°C, con una tasa de variación de -7% y 2.5 %, sabiendo que es un componente endógeno del sistema. *Tasa de variación de temperatura* = $RANDOM(-0.07, 0.025)$, que integra mediante un biflujo al nivel de temperatura.

Por otra parte el *nivel* que almacena pH de la Laguna, va ser al inicio de la simulación con un valor de 5.9 tomado del año 2010, sabiendo que las aguas residuales expulsadas tienen pH ácido, presentará un comportamiento normal, porque está incluido en el intervalo *[media-desviación estándar+ desviación estándar]*, calculada a partir de la data extraída del *pH de aguas residuales=NORMAL (7.25,0.75,22)*. El pH de la Laguna varía con un biflujo que corresponde a un crecimiento rK biflujo-stock, siendo en terminología de dinámica de sistemas un esquema rK de crecimiento correspondiente a un sub sistema compuesto por un nivel y un biflujo variable asociado a una tasa de crecimiento, siendo el mismo controlado y asociado a un factor retardo comparativo.

Por otro lado está el *nivel de nitratos*, que al inicio de la simulación parte con un valor de 2.25 mg/l en el año 2010.

3.4. EJECUCIÓN DEL MODELAMIENTO DINÁMICO: RESULTADOS

Modelación del caudal de aguas residuales

El modelo de simulación se realizó en base a los datos históricos recopilados, tomando un valor inicial del 2010, haciendo una comparación hasta el 2016 para verificar que el comportamiento diez años posteriores a dicho año sea real.



Gráfico 7. Modelación del caudal de las aguas residuales 2010-2026

Fuente. Elaboración propia

En el gráfico 7, se puede observar que el caudal de aguas residuales que se vierten a la Laguna Patarcocha en el año 2010, es de 08 litros/segundo, teniendo un comportamiento ascendente variable, siendo los valores cercanos a los datos históricos recopilados, alcanzando hasta el 2026 un promedio de 9.8 L/s de aguas residuales

Modelación del caudal de aguas residuales

El modelo de simulación se realizó en base a los datos históricos recopilados, tomando un valor inicial del 2010, haciendo una comparación hasta el 2016 para verificar que el comportamiento diez años posteriores a dicho año sea real.

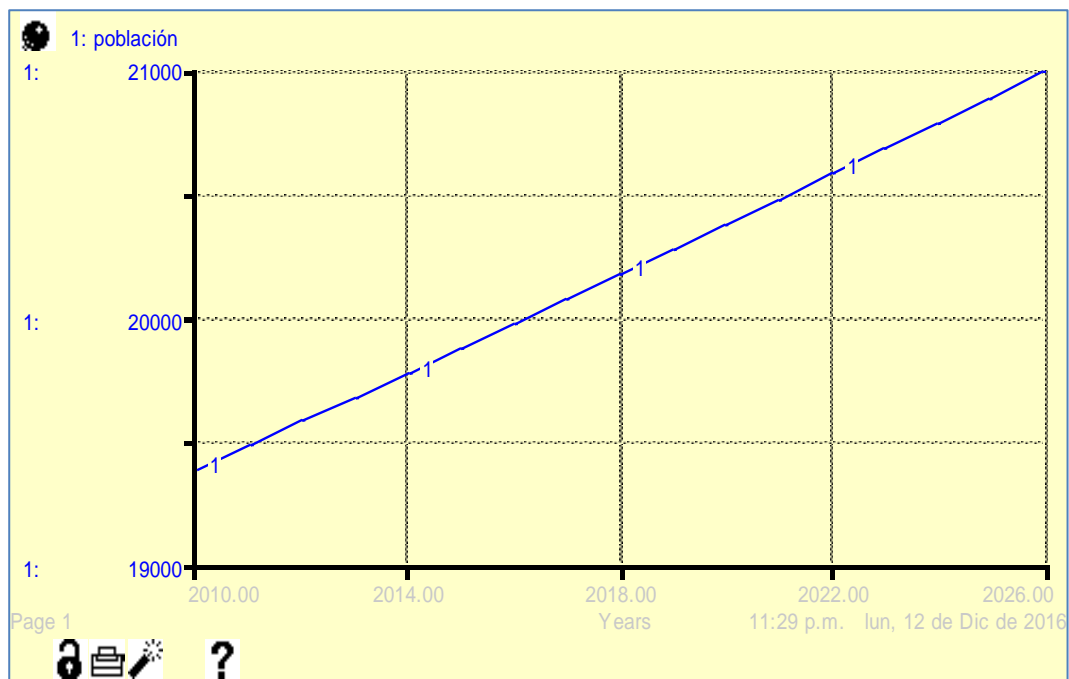


Gráfico 8. Modelación del caudal de las aguas residuales 2010-2026

Fuente. Elaboración propia

En el Gráfico 8, se puede observar que el caudal de las aguas residuales que se vierten a la Laguna Patarcocha en el año 2010 es de 8 L/s, teniendo un comportamiento ascendente, siendo los valores cercanos a los datos recopilados, alcanzando hasta el 2026 un promedio de 9.8 L/s de aguas residuales.

Modelación de los parámetros microbiológicos

El modelo de simulación se realizó en base a los datos históricos recopilados de los parámetros microbiológicos, tomando un valor inicial del 2010, haciendo una comparación hasta el 2016 para verificar que el comportamiento diez años posteriores a dicho año sea real.

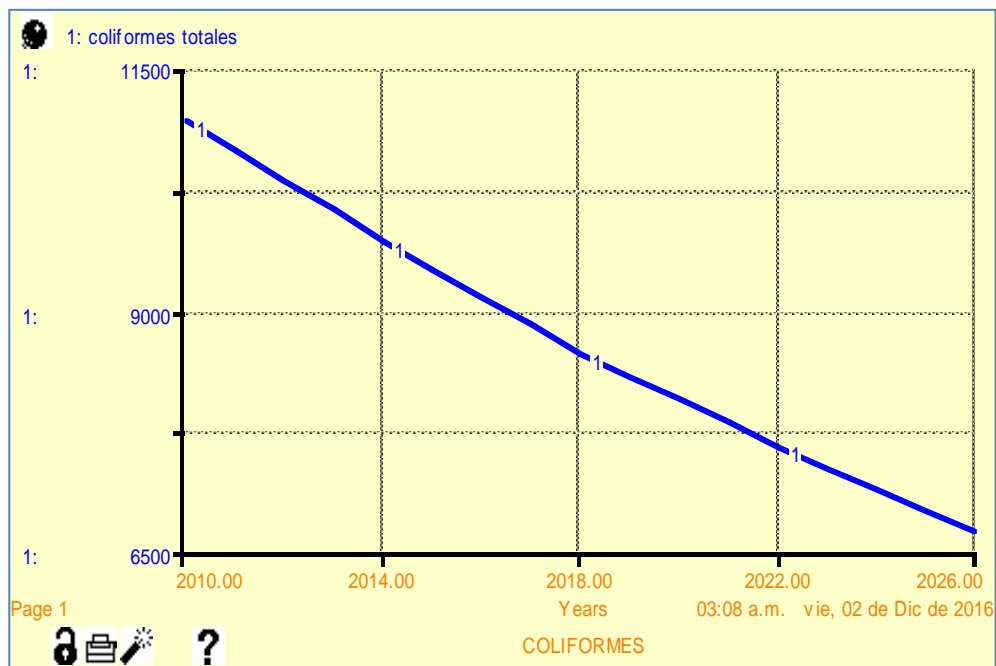


Gráfico 9. Coliformes totales 2010-2026

Fuente. Elaboración Propia

En el Gráfico 9, se puede observar en el gráfico el comportamiento de coliformes totales partiendo del 2010 hasta el 2026. Teniendo como año 0 el 2010, siendo el inicio de 1100 coliformes por litro, teniendo un comportamiento decente y a partir del año 2026 disminuye a 6600 coliformes por litro.

Modelación de los parámetros fisicoquímico

El modelo de simulación se realizó en base a los datos históricos recopilados de los parámetros fisicoquímicos, tomando un valor inicial del 2010, haciendo una comparación hasta el 2016 para verificar que el comportamiento diez años posteriores a dicho año sea real.

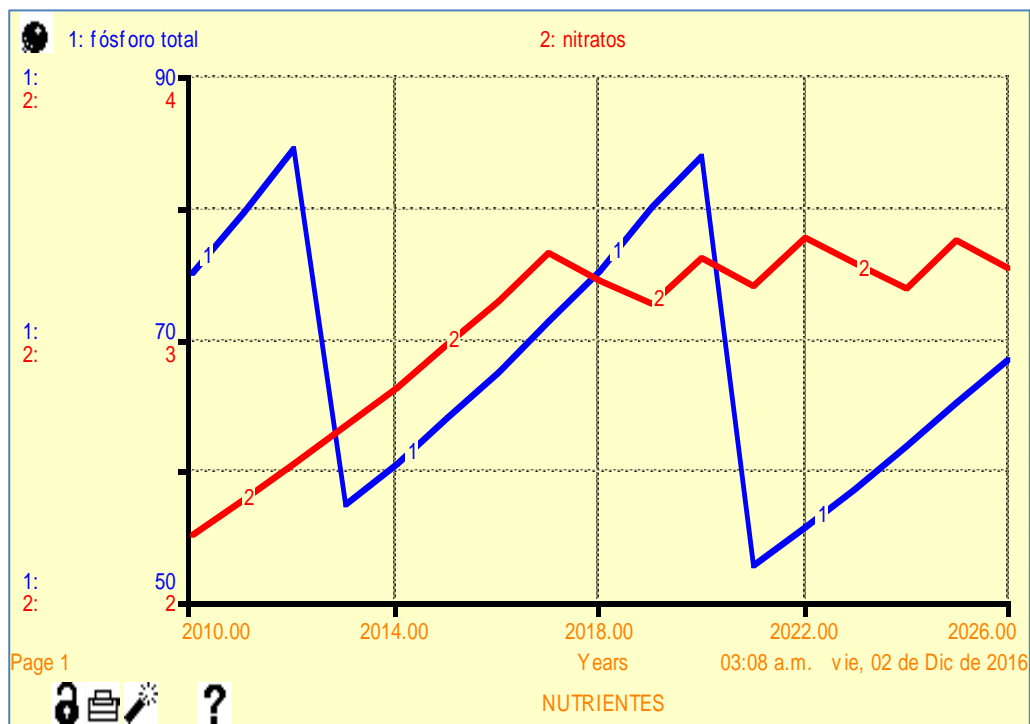


Gráfico 10. Comportamiento de los fosforo total y nitratos 2010-2026

Fuente. Elaboración Propia

En el Gráfico 10, se puede observar que al inicio de la simulación la concentración de nitratos parte con un valor de 2.25 mg/l en el año 2010, teniendo variaciones autopogéticas, es decir variaciones determinadas por si mismos, afectándose por el caudal de aguas residuales, sabiendo que si dicho caudal se mantiene equilibrado y los nitrato no superan un total de 3.22 mg/l habrá un crecimiento. Además pudiéndose mostrar que la curva de fosfatos durante los años de simulación tiene dos puntos altos en el 2012 con 3.9 mg/l y teniendo en 2020 hasta el 2021 disminución con una concentración de 4 mg/l; como va en descendencia, teniendo como punto de partida 78 mg/l de fosfatos.

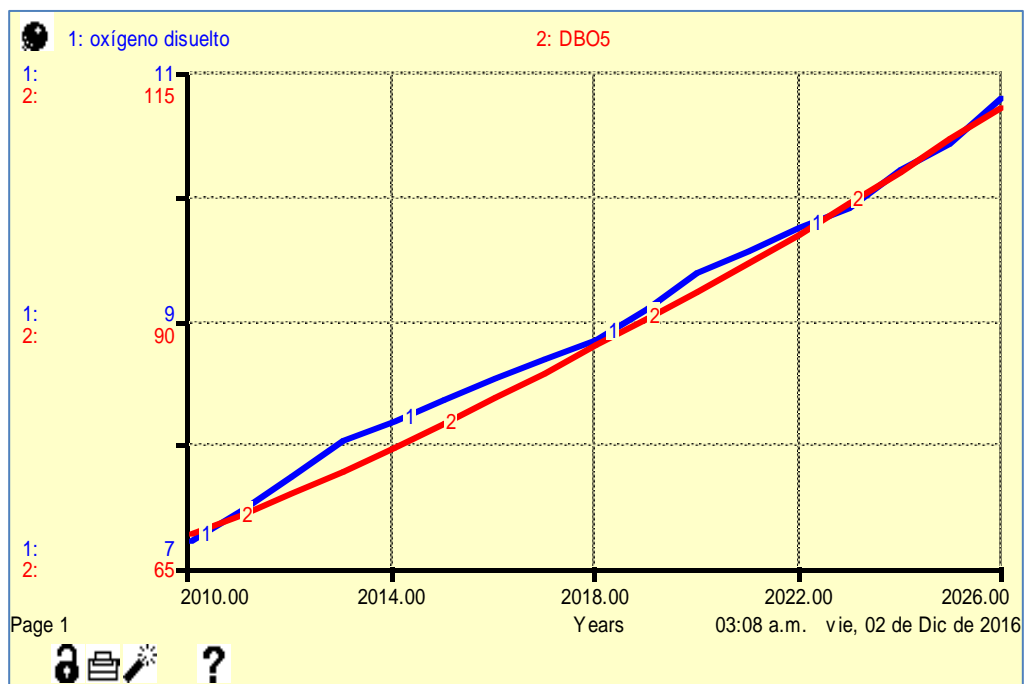


Gráfico 11. Comportamiento del oxígeno disuelto y DBO₅, 2010-2026

Fuente. Elaboración Propia

En el gráfico 11, se puede observar que los microorganismos contribuyen a la demanda biológica de oxígeno (DBO₅), que constituye la cantidad de oxígeno consumido en condiciones autótrofas. El oxígeno disuelto y DBO₅ ascenderán en el transcurso de los diez años, teniendo casi el mismo comportamiento, el primero tendrá un aumento de 0.3 mg/l en el año 2020, en el segundo será casi constante durante los años evaluados.



Gráfico 12. Comportamiento del pH de la Laguna desde 2010-2026

Fuente. Elaboración propia

En el Gráfico 12, se observa que el pH de la Laguna Patarcocha tiene como valor inicial en el año 2010, 5.9 pH , variando en el tiempo sus concentraciones de los iones de hidrógeno por el caudal de aguas residuales vertidos, así como la variación de temperatura, sabiendo que si dicho caudal aumenta, la tendencia de pH aumenta, teniendo una temperatura de 7° C. Ciertamente los niveles de pH en la Laguna no sobrepasan un tope, lo cual se considera como un nivel de saturación *nivel de saturación pH=8.5* , llegando a alcanzar la 6.9 de pH al 2026, con tendencia a seguir aumentando.

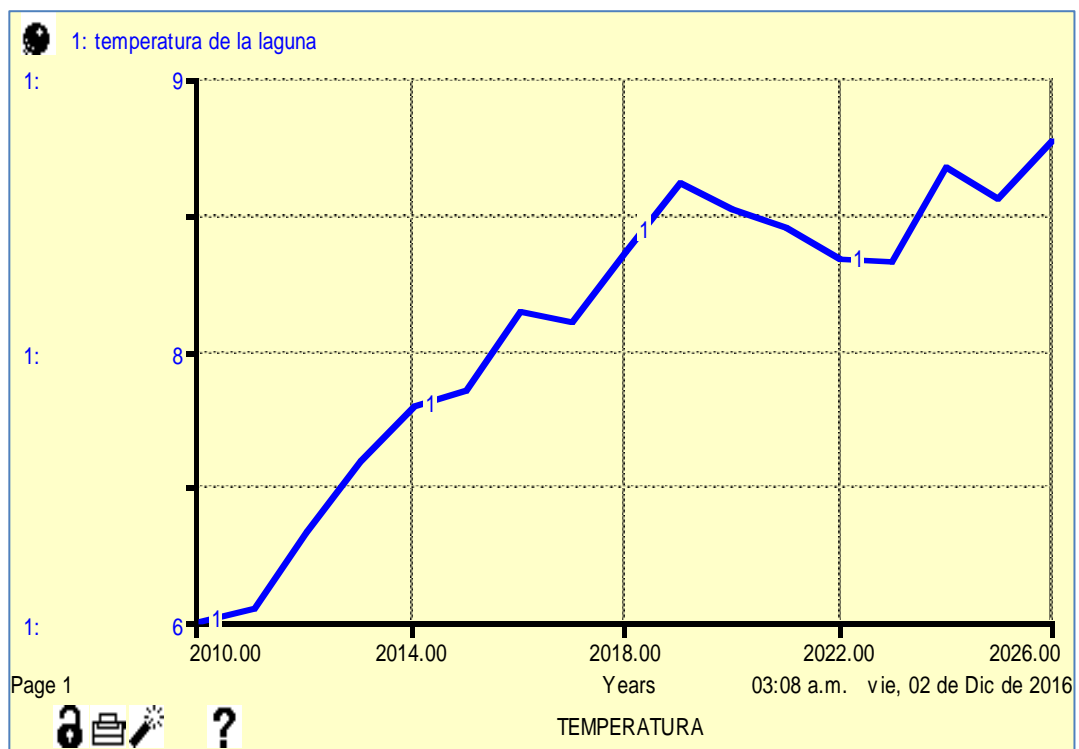


Gráfico 13.Comportamiento de la temperatura desde 2010-2026

Fuente. Elaboración propia

En el Gráfico 13, se puede observar que la temperatura de la Laguna Patarcocha, tiene inicialmente un valor de 6°C, con una tasa de variación de -7% y 2.5 %, sabiendo que es un componente endógeno del sistema, considerando la temperatura ambiente como una variable que tiene influencia despreciable dinámicamente sobre la temperatura de la Laguna, presenta variaciones a lo largo del tiempo, teniendo un picos y descendiendo, para luego aumentar llegando a 8.8 °C de temperatura anual en el 2026, sabiendo que el aumento de temperatura es un ambiente para que los microorganismo se desarrollen rápidamente.

IV. DISCUSIÓN

Partiendo de datos reales sobre vertimientos de aguas residuales con 8 l/s de caudal inicial, aumentarán debido al crecimiento poblacional de los asentamientos humanos aledaños que se proyecta según los datos del INEI; haciendo uso del modelamiento dinámico con el software STELLA se encuentra que la Laguna Patarcocha al 2026 recibirá un caudal de 9.5 l/s de aguas residuales proveniente de la población. Este vertimiento a la vez determinará que el cuerpo de agua aumente paralelamente los nutrientes de nitrógeno y fósforo en la épocas de mayor precipitación, conforme indica Restrepo, C., Toro, F.(2006) en su tesis “Aproximación a la dinámica del transporte del nitrógeno y el fósforo en la ciénaga de Ayapel”, quien señala que los nutrientes como el nitrógeno amoniacal en un mayor caudal es de 0.04mg/L, de nitrato de 7.6 mg/L y en la parte norte se encuentra un alto grado de concentración de nitrato. Concluyendo que las concentraciones de nitrato, nitrógeno amoniacal y ortofosfatos aumentan en las épocas de lluvias y disminuyen la época de estiaje.

El crecimiento de la población, genera alteración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la Laguna, por lo que los nitratos aumentarán. En cambio los fosfatos que una concentración de 78 mg/l del 2009 disminuyendo a 10 mg/l en el 2026, estimulando al crecimiento de los microorganismos siendo en 11000 en el año 2010 disminuyendo en un rango menor en el año 2026, siendo en su conjunto los parámetros, elementos de medición del estado de la calidad de agua, que viéndose frente a estos resultados se afectará gradualmente la calidad de agua de la Laguna Patarcocha, demostrado en una simulación de un modelo de dinámica de sistemas al año 2026, coincidiendo con Beltran E.(2012), en su tesis “Formulación de un modelo dinámico de simulación ecológica del Humedal de Jaboque – Bogotá D.C.”, quien señala que en un la cantidad de aguas residuales y el tiempo de la variación hidráulico influye en el comportamiento fósforo total, los sólidos suspendidos y a la generación de microalgas para el Humedal.

V. CONCLUSIONES

- La calidad de agua de la Laguna Patarcocha frente a los vertimientos de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños se deteriorara , debido a que el caudal de dicha agua aumenta hasta 9.8 l/s por cada ducto, pero debido a que los coliformes totales partiendo del 2010 con 11000 unidades por litro hasta una disminución de 6600 coliformes por litro en el 2026, por la limpieza que realizan ,así como los fosfatos que una concentración de 78 mg/l del 2010 disminuyendo a 10 mg/l en el 2026, estimulando al crecimiento de los microorganismos siendo en 1200 en el año 2009 encontrándose con un rango mayor en el año 2026, siendo en su conjunto los parámetros, elementos de medición del estado de la calidad de agua, que viéndose frente a estos resultados se afectará gradualmente la calidad de agua de la Laguna Patarcocha, demostrado en una simulación de un modelo de dinámica de sistemas al año 2026.
- El crecimiento desproporcional de la población, genera alteración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la Laguna Patarcocha, haciendo que los nutrientes aumente en cuanto mayor vertimiento de aguas residuales reciba, demostrado en una simulación de un modelo de dinámica de sistemas al año 2026.
- En conclusión el caudal de lo vertimientos de aguas residuales aumentaran debido al crecimiento poblacional de los asentamientos humanos cercanos que se proyecta según los datos del INEI, considerando que el caudal inicial (2010), es de 8.97 L/s llegando a ser hasta 9.8 L/ s (2026), deteriorando gradualmente la calidad de agua de la Laguna Patarcocha representado mediante un modelo dinámico de sistemas en el distrito de Chaupimarca.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar comparaciones con otro software como es AQUATOL, para mejorar la calidad de información basada en un lapso de tiempo y de tal manera considerar más variables.
- Utilizar el modelo realizado en la tesis como guía para seguir determinando comportamientos de los parámetros orgánicos, inorgánicos, metales pesados, en las distintas actividades económicas, como es en lo industrial, minería, entre otros; no solo en aguas residuales domésticas; así como integrando al modelo stocks de métodos de recuperación, para analizar su comportamiento en un periodo de tiempo con el fin de aportar con a la mejora de la calidad de agua de Laguna Patarcocha.
- Tomar uso del modelo realizado en la tesis para mostrar y generar conciencia a los pobladores, y de esta manera adaptar una cultura ambiental en el cuidado de los recursos naturales, como es el cuerpo de agua mencionado, evitando botar residuos líquidos y sólidos, que afecten la calidad del agua y calidad vida de la zona.

VII. PROPUESTAS

El modelo realizado en la presente tesis, ayuda a determinar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos que representan la calidad de agua, frente a los vertimientos de las aguas residuales, siendo instrumento estratégico de gestión ambiental para entidades locales, regionales y nacional, para realizar planes de acción, planes de manejo y de contingencia, en la recuperación del recurso, considerando que la fuente de agua es el cuerpo receptor de descargas de aguas residuales de los asentamientos humanos del distrito de Chaupimarca. Y de tal manera garantizar su calidad del agua, mejorando la calidad de vida de los pobladores.

Bibliografía

1. *Autoridad Nacional del Agua* [en línea]. Lima -[fecha de consulta: 10 de setiembre del 2016]. Disponible en: http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/archivos/paginas/b_memoria_final_parte_3_0_0.pdf
2. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCMA). 2004. Environmental Quality Standards
3. CARDONA, Alex. *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la Turrielba*: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2003.
4. Compendio de la Legislación Ambiental Peruana [en línea]. San Isidro: 2011-[fecha de consulta: 12 de mayo del 2016]. Disponible en: <http://cdam.minam.gob.pe/novedades/Compendiolegislacion06.pdf>
5. CONGRESO de la república (Perú). Ley de Recursos Hídricos, Ley 29338.
6. DEL DEPÓSITO, Lorena. *Modelado y Simulación mediante Dinámica de Sistemas del Funcionamiento General de un Establecimiento de Elaboración Primaria de Yerba Mate*. Trabajo de titulación (Ingeniero Civil Industrial). Chile : 2010.
7. *Desarrollo de un Modelo Dinámico para determinar la incidencia de los factores contaminantes del aire en la población de Lima Metropolitana* [en línea]. Londres: 2016-[fecha de consulta: 07 de agosto del 2016]. ISSN: 1810-9993
8. YANA. E., *Contaminación por materia orgánica en el río torococha de la ciudad de Juliaca*. Juliaca : Universidad Nacional del Antiplano, 2014. F.,
9. BIANCHINI. *Evaluación de la calidad de los recursos hídricos en la provincia de Pasco y de la salud en el centro poblado de Paragsha*. Cerro de Pasco : Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor, 2009.
10. F., TANANTA. *Determinación de la Concentración de Coliformes Fecales y Totales en*. Moyobamba : Universidad Nacional de San Martín, 2009.
10. GARCÍA, Rocio. *Modelo de dinámica de sistemas para disponibilidad de biomasa forestal en zonas rurales aisladas*. Trabajo de titulación (Ingeniero en conservación de Recursos Naturales) Valdivia : Universidad Austral de Chile, 2012.
12. I., CAMPOS. *Saneamiento ambiental*. San José, Costa Rica : EUNED, 2000. 9968-31-069-7.

13. INEI. Disponible en: Disponible en:< <https://www.inei.gob.pe/>>: Fecha de consulta: 15 de julio del 2016
14. L., ZULUAGA. *Simulador piloto de la oferta y la demanda hídrica en una microcuenca rural para la validación de metodologías y la evaluación de políticas de manejo sostenible del recurso agua*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2011
15. *Modelo de dinámica de sistemas para el proceso de producción de mandarina*. ISAAC H., RAMÓN M., MORALES LAURA. Bogotá : Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, 2011. 2027-7709.
16. *Modelo de simulación para determinar niveles de contaminación de Río Mantaro*. I., Castillo. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2011.
17. MINISTERIO del Ambiente(Perú). Modifican los estándares Nacionales de Calidad Ambiente para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. El peruano. Lima: INN, 2015,7.
18. RESTREPO, C., TORO, F. *Aproximación a la dinámica del transporte del nitrógeno y el fósforo en la ciénaga de Ayapel*. Ayapel : Avances en Recursos Hidráulicos, 2006.
19. *Formulación de un modelo dinámico de simulación ecológica del Humedal de Jaboque – Bogotá D.C., con fines de restauración y conservación*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia , 2012.
20. PÉREZ O., DELFÍN C., EQUIHUA M. *Modelos de simulación para la elaboración y evaluación de los programas*. s.l. : Instituto Nacional de Ecología, 2012.
21. SENAMHI. Disponible en: <<http://www.senamhi.gob.pe>> Fecha de consulta: 10 de junio del 2016.
22. UNDAC. Pasco: Boletín de defensa y recuperación de ecosistema. 2010.
23. UNAC Avelino C. Monitoreo “Monitoreo y Diagnóstico de La Eutrofización De la Laguna de Patarcocha por Actividades Antropogénicas, En Cerro De Pasco”
24. VERA J. 1999. Química Ambiental. Madrid. Editorial Mc Graw Hill Internacional. España. S.A.296 p.

25. *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. D., CHAPMAN. Cambridge : F & FN Spon, 1996. ISBN 0 419 21590 5.
26. W., CARRERA. *“Influencia del vertido del efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del río San Juan*. Pasco : Universidad Daniel Alcides Carrion, 2011.

ANEXO 1

Cuadro 16. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		VARIABLE	
Problema principal	Objetivo principal	Hipótesis principal	Variables	Concepto	Dimensiones	Indicadores
¿Cuál es la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco frente a los vertimientos de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños?	Determinar si la calidad de agua en la Laguna Patarcocha-Pasco se deteriora gradualmente debido a los vertimientos de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños, empleando un modelo de dinámica de sistemas al 2026.	La calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco se deteriora gradualmente debido a los vertimientos de aguas residuales de los Asentamiento Humanos aledaños empleando un modelo de dinámica de sistemas al 2026	VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	El vertimiento de aguas residuales serán medido por el caudal que ingresa a la laguna y el crecimiento población, los cuales serán procesados en un modelo dinámico del software Stella, para estimar su variación en diez años.	CRECIMIENTO POBLACIONAL	<ul style="list-style-type: none">Nacimiento
Problemas específicos <ul style="list-style-type: none">¿Cómo el comportamiento dinámico del crecimiento poblacional de los asentamientos humanos aledaños deteriora la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco al año 2026?¿Cómo el caudal de las aguas residuales deteriora la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco, simulado en un modelo de dinámica de sistemas al año 2026?	Objetivos específicos <ul style="list-style-type: none">Analizar el comportamiento dinámico del crecimiento poblacional de los asentamientos humanos aledaños frente a la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco, al 2026.Establecer mediante un modelo dinámica de sistemas la simulación del comportamiento del caudal del vertimiento de las aguas residuales en la calidad de agua de la Laguna Patarcocha, simulado en un modelo de dinámica de sistemas al año 2026.	Hipótesis específicos <ul style="list-style-type: none">El comportamiento dinámico del crecimiento poblacional de los asentamientos humanos empleando un modelo de dinámica de sistemas al 2026aledaños deteriora directamente la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco al año 2026.El caudal del vertimiento de las aguas residuales deteriora la calidad de agua de la Laguna Patarcocha-Pasco al año 2026, simulado en un modelo de dinámica de sistemas				<ul style="list-style-type: none">DefuncionesTasa de natalidad
						<ul style="list-style-type: none">Tasa de mortalidad
						<ul style="list-style-type: none">Migración neta
						<ul style="list-style-type: none">Tasa de migración neta
						<ul style="list-style-type: none">Tasa neta de crecimiento
					CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES	<ul style="list-style-type: none">Tasa de incremento anual de expulsión
						<ul style="list-style-type: none">Incremento de capacidad de expulsión
			CALIDAD DE AGUA	“La calidad de agua es el conjunto de parámetros físicos, químico y microbiológicos, donde su composición y el estado en que se encuentre la biota, muestran variaciones espaciales y temporales, debido a factores externos e internos”. (WaterQuality Assessment,pag.5)	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	<ul style="list-style-type: none">Sólidos suspendidos
						<ul style="list-style-type: none">pH
						<ul style="list-style-type: none">DBO
						<ul style="list-style-type: none">Oxígeno disuelto
						<ul style="list-style-type: none">Nitratos
						<ul style="list-style-type: none">Fósforo Total
						PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Fuente. Elaboración propia

ANEXO 2

FICHA DE OBSERVACIÓN

I. NOMBRE DE LA LAGUNA

LAGUNA DE PATARCOCHA

Responsable de muestreo:

Número de muestras:

Cantidad de muestra:

N° de muestra	Ubicación UTM	Preservación	Envase	Vol. Aprox.	Fecha	Hora
M-1 ^a						
M-2 ^a						
M-3 ^a						
M-4A						

VARIABLE: Calidad de agua

Análisis realizados¹

INDICADORES	Aceptable- No aceptable	Color verdadero escala	ECA ≤25 mg/L	Rango (6.5- 8.5)	ECA (5 mg/L)	ECA (13 mg/L)	ECA (13 mg/L)	ECA (NMP/1000 ml)
PARAMETROS FÍSICOS								
Sólidos suspendidos								
PARAMETROS QUÍMICOS								
pH								
DBO								
Carbon orgánico total								
Nitratos(NO ₃ ⁻)								
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes totales								

¹Los datos tomados son comparados con los ECAS de agua del D.S N° 015-2015-MINAM, en la categoría 4: Conservación de ambiente acuático en Lagos y Lagunas. Las concentraciones que sobrepasen los ECAs, detectables por olor y análisis, afectarán a los organismos acuáticos y la población, ya que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, siendo detectados como películas visibles en la superficie.

ANEXO 3

Tabla 1. Lagunas con Batimetría en la Cordillera Blanca, Huayhuash, Raura y Hualtapallana

N° ORD.	NOMBRE	COORDENADAS UTM		CARACTERISTICAS ACTUALES			
		ZONA 18		ALT. (msnm)	ÁREA (m ²)	VOL (m ³)	PROF. (m)
		ESTE	NORTE				
1	Paca	444,700	8,703,490	3,382.00	3,071,592.06	41,085,408.05	17.63
2	Huascacocha	254,020	8,979,487	4,197.00	254,748.12	3,728,468.54	27.02
3	Sacaracocha	251,992	8,977,873	4,443.00	230,529.07	5,762,490.90	61.12
4	Patococha	251,712	8,979,128	4,463.00	36,198.82	537,030.53	31.12
5	Purhuay	257,827	8,970,513	3,485.00	842,102.38	48,199,298.89	124.22
6	Racaynaca	181,803	9,080,478	4,264.00	107,971.23	1,624,819.10	33.22
7	Pariacocha 3	182,328	9,079,028	4,250.00	25,258.36	145,941.83	10.82
8	Quinuacocha	183,967	9,078,087	4,218.00	381,966.03	4,064,865.37	28.82
9	Azulcocha	187,453	9,072,148	4,240.00	147,919.58	1,183,980.71	17.10
10	Ssurcocha	187,017	9,071,446	4,252.00	177,767.73	4,328,539.01	51.70
11	Rusgo	186,137	9,070,831	4,539.00	168,141.63	6,827,463.55	94.50
12	Oscura	186,422	9,073,995	4,194.00	128,776.08	1,410,666.77	25.20
13	Nieve	185,406	9,073,671	4,254.00	209,113.89	3,278,906.08	41.10
14	Llamacocha	189,221	9,086,315	3,501.00	41,169.84	284,110.86	11.10
15	Challhuacocha	195,984	9,088,589	3,878.00	460,868.92	8,141,242.81	32.40
16	Lechecocha	196,848	9,090,950	4,078.00	57,164.52	139,618.89	5.50
17	Labrasca	196,896	9,087,497	4,001.00	467,832.83	7,101,362.37	30.70
18	Huaycococho	203,051	9,082,284	3,997.00	115,715.40	1,235,691.19	20.30
19	Chueri	308,744	8,849,400	4,180.00	573,650.85	38,152,284.59	119.10
20	Patarcocha	307,279	8,850,935	4,121.00	2,138,121.98	125,193,471.87	96.50
21	Jaico	306,230	8,848,086	4,478.00	536,986.48	12,540,832.83	45.20
22	Locacocha	306,990	8,843,347	4,830.00	191,166.96	4,333,763.72	63.70
23	Susococha 1	284,704	8,888,853	4,391.00	119,887.53	2,063,743.34	33.90
24	Susococha 2	284,344	8,889,173	4,391.00	132,816.81	1,956,543.74	31.10
25	Rutuna	284,387	8,889,735	4,357.00	53,217.13	604,887.34	22.90
26	Suerococha	283,972	8,890,113	4,450.00	35,992.42	222,107.58	10.60
27	Pampacocha	284,427	8,890,105	4,408.00	20,234.20	111,732.58	9.60
28	Llaca	231335	8955743	4,472.4	48,653.81	392,977.42	19.1
29	Akilpo	234200	8966354	4,703.6	412,112.41	4,607,872.21	32.4
30	Huishcash	217557	9012647	4,352.0	138,303.70	456,546.7	7.2
31	Tocllacocha chica	216876	9011987	4,550.3	103,250.00	932,512.5	17.6
32	Tocllacocha grande	216741	9010634	4,370.0	203,681.90	5,705,073.6	58.3
33	Pag Pag	219091	8996701	4,397.1	101,298.50	804,670.1	19.9
34	Challhuacocha	248896	8963719	4,223.2	153,655.40	3,602,608.2	31.7
35	Rurichinchay	245669	8966333	4,503.0	69,503.37	171,724.4	5.2
36	Santa Ana alto	308315	8845277	4,690.0	52,408.40	81,138.8	2.8
37	Caballococha	309516	8844730	4,576.0	414,342.00	2,791,489.7	17.1
38	Tinguicocha	310036	8847048	4,356.0	731,951.00	23,295,994.0	61.9
39	Rufu	185713	9066864	4,143.7	757,184.50	28,286,825.2	86.1
40	Sarca	185375	9067093	4,223.5	279,520.80	8,417,578.3	58.3
41	Huinchos	186052	9065247	4,002.7	248,437.10	5,324,206.4	34.6

Fuente: Autoridad Nacional de Agua

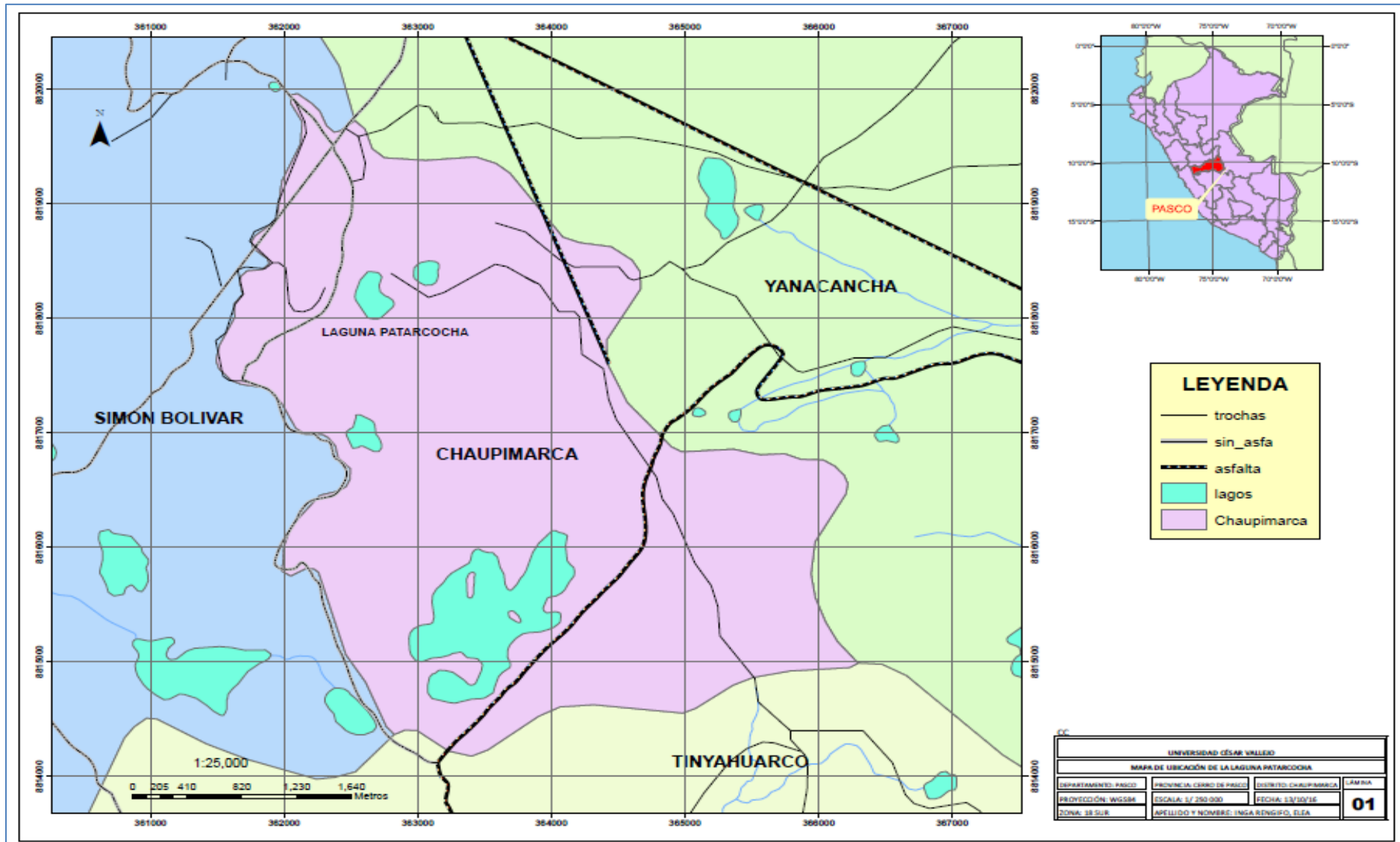
ANEXO 4

Tabla 2. Departamento Pasco: población total proyectada y ubicación geográfica de la capital legal, según provincia y distrito, 2015.

Provincia y Distrito	Población Total Proyectada al 30/06/2015	Capital Legal				
		Nombre	Categoría	Ubicación Geográfica		
				Altitud (msnm.)	Latitud Sur	Longitud Oeste
Total	304,158					
Pasco	157,310	Chaupimarca				
Chaupimarca	25,085	Cerro de Pasco	Ciudad	4 342	10°40'58"	76°15'20"
Huachón	4,722	Huachón	Pueblo	3 407	10°38'16"	75°57'08"
Huariaca	8,257	Huariaca	Ciudad	2 958	10°26'34"	76°11'20"
Huayllay	11,412	Huayllay	Pueblo	4 348	11°00'16"	76°22'05"
Ninacaca	3,418	Ninacaca	Pueblo	4 141	10°51'42"	76°06'47"
Pallanchacra	4,866	Pallanchacra	Pueblo	3 132	10°24'53"	76°14'08"
Paucartambo	24,303	Paucartambo	Pueblo	2 930	10°46'23"	75°48'46"
San Francisco de Asís de Yarusyacán	9,901	Yarusyacán	Pueblo	3 814	10°29'29"	76°11'47"
Simón Bolívar	11,913	San Antonio de Rancas	Pueblo	4 191	10°41'23"	76°19'03"
Ticlacayan	13,285	Ticlacayan	Villa	3 531	10°32'04"	76°09'45"
Tinyahuarco	6,286	Tinyahuarco (Smelter)	Villa	4 270	10°46'08"	76°16'24"
Vicco	2,292	Vicco	Pueblo	4 104	10°50'29"	76°14'15"
Yanacancha	30,570	Yanacancha	Pueblo	4 334	10°40'08"	76°15'20"
Daniel Alcides Carrión	53,647	Yanahuanca				
Yanahuanca	12,922	Yanahuanca	Ciudad	3 199	10°29'33"	76°31'01"
Chacayan	4,295	Chacayan	Pueblo	3 338	10°26'06"	76°26'18"
Goyllarisquizga	3,896	Goyllarisquizga	Pueblo	4 183	10°28'24"	76°24'28"
Paucar	1,797	Paucar	Pueblo	3 357	10°22'11"	76°26'42"
San Pedro de Pillao	1,823	San Pedro de Pillao	Pueblo	3 678	10°26'21"	76°29'50"
Santa Ana de Tusi	22,945	Santa Ana de Tusi	Pueblo	3 803	10°28'19"	76°21'17"
Tapuc	4,360	Tapuc	Villa	3 678	10°27'21"	76°27'42"
Vilcabamba	1,609	Vilcabamba	Villa	3 530	10°28'44"	76°26'57"
Oxapampa	93,201	Oxapampa				
Oxapampa	14,257	Oxapampa	Ciudad	1 806	10°34'22"	75°24'14"
Chontabamba	3,504	Chontabamba	Pueblo	1 865	10°36'16"	75°27'48"
Huancabamba	6,536	Huancabamba	Pueblo	1 666	10°25'34"	75°30'47"
Palcazu	10,710	Iscozacín	Pueblo	297	10°11'16"	75°08'45"
Pozuzo	9,342	Pozuzo	Villa	971	10°03'55"	75°33'25"
Puerto Bermúdez	17,123	Puerto Bermúdez	Pueblo	258	10°17'47"	74°56'09"
Villa Rica	20,183	Villa Rica	Ciudad	1 495	10°44'11"	75°16'20"
Constitución	11,546	Constitución	Villa	250	09°50'45"	74°59'55"

Fuente. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

ANEXO 5



Mapa 1. Mapa hidrográfico

Fuente. Elaboración propia

ANEXO 6

Tabla 3. Estándar de calidad de agua D.S. N°015-2015-MINAM

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
Sulfuro	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,51	1,5	0,51	—	—
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	—
Cadmio	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0088	0,0088
Cobalto	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Pomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	—	—
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
L Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos totales de petróleo HTTP	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benz(a)pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
PLAGUICIDAS						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	—	—
ORGANOCLORADOS						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	—	—
Dieldrino	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Sumado 4,4'- DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000087	0,000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Heptacloro	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Heptacloro epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	—	—
Pentaclorobenzil (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CARBAMATO:						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES						
(PCB's)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

Fuente. MINAM

Tabla 4. Estándar de calidad de agua D.S. N°015-2015

		CATEGORÍA 4				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS - QUÍMICOS						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	30

Fuente. MINAM

ANEXO 7
EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



Figura 8. Toma de muestra del primer punto
Fuente. Elaboración propia



Figura 9. Toma de muestra del segundo punto
Fuente. Elaboración propia



Figura 10. Toma de muestra del tercer punto
Fuente. Elaboración propia



Figura 11. Toma de muestra del cuarto punto
Fuente. Elaboración propia



Figura 12. Ducto de salida de aguas residuales
Fuente. Elaboración propia



Figura 13. Descarga de aguas residuales a la Laguna
Fuente. Elaboración propia



Figura 14. Tubería que lleva aguas residuales de las viviendas a la Laguna
Fuente. Elaboración propia



Figura 15. Residuos sólidos en la Laguna Patarcocha
Fuente. Elaboración propia

ANEXO 8

DATA DEL MODELO DINÁMICO CON STELLA

CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES

- ☐ $\text{caudal_de_aguas_residuales_expulsadas}(t) = \text{caudal_de_aguas_residuales_expulsadas}(t - dt) + (\text{incrementando_capacidad_de_expulsión}) * dt$
 INIT caudal_de_aguas_residuales_expulsadas = 8.97
 INFLOWS:
 ➤ incrementando_capacidad_de_expulsión =
 caudal_de_aguas_residuales_expulsadas*tasa_de_incremento_anual_de_expulsión
- ☐ $\text{tasa_de_incremento_anual_de_expulsión} = \text{tasa_neta_de_crecimiento} + \text{RANDOM}(-0.005, 0.005)$

CRECIMIENTO POBLACIONAL

- ☐ $\text{población}(t) = \text{población}(t - dt) + (\text{nacimientos} - \text{defunciones} - \text{migración_neta}) * dt$
 INIT población = 19381
 INFLOWS:
 ➤ nacimientos = INT(población*tasa_de_natalidad)
 OUTFLOWS:
 ➤ defunciones = INT(población*tasa_de_mortalidad)
 ➤ migración_neta = INT(población*tasa_de_migración_neta)
- ☐ $\text{tasa_de_migración_neta} = 0.0952$
- ☐ $\text{tasa_de_mortalidad} = 0.0554$
- ☐ $\text{tasa_de_natalidad} = 0.1556$
- ☐ $\text{tasa_neta_de_crecimiento} = \text{tasa_de_natalidad} - \text{tasa_de_migración_neta} - \text{tasa_de_mortalidad}$

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

- ☐ $\text{fósforo_total}(t) = \text{fósforo_total}(t - dt) + (\text{incrementando_fósforo} - \text{disminuyendo_fósforo}) * dt$
 INIT fósforo_total = 75.1
 INFLOWS:
 ➤ incrementando_fósforo = fósforo_total*tasa_de_incremento_de_fósforo
 OUTFLOWS:
 ➤ disminuyendo_fósforo = fósforo_total*tasa_de_disminución_de_fósforo
- ☐ $\text{nitratos}(t) = \text{nitratos}(t - dt) + (\text{variando_nitratos}) * dt$
 INIT nitratos = 2.25
 INFLOWS:
 ➤ variando_nitratos = nitratos*tasa_de_variación_de_nitratos
- ☐ $\text{oxígeno_disuelto}(t) = \text{oxígeno_disuelto}(t - dt) + (\text{incrementando_oxígeno_disuelto} - \text{disminuyendo_oxígeno_disuelto}) * dt$
 INIT oxígeno_disuelto = 7.2
 INFLOWS:
 ➤ incrementando_oxígeno_disuelto =
 oxígeno_disuelto*tasa_de_incremento_de_oxígeno_disuelto
 OUTFLOWS:
 ➤ disminuyendo_oxígeno_disuelto =
 oxígeno_disuelto*tasa_de_disminución_de_oxígeno_disuelto-DBO5
- ☐ $\text{pH_de_la_laguna}(t) = \text{pH_de_la_laguna}(t - dt) + (- \text{variación_de_pH_de_la_laguna}) * dt$
 INIT pH_de_la_laguna = 5.9
 OUTFLOWS:
 ➤ variación_de_pH_de_la_laguna =
 pH_de_la_laguna*tasa_de_variación_del_pH_de_la_laguna*(1-(pH_de_la_laguna/nivel_de_saturación_de_pH))
- ☐ $\text{temperatura_de_la_laguna}(t) = \text{temperatura_de_la_laguna}(t - dt) + (- \text{variación_de_temperatura}) * dt$
 INIT temperatura_de_la_laguna = 6
 OUTFLOWS:
 ➤ variación_de_temperatura = temperatura_de_la_laguna*tasa_de_variación_de_la_temperatura
- ☐ $\text{nivel_de_saturación_de_pH} = 8.5$
- ☐ $\text{pH_de_aguas_residuales} = \text{NORMAL}(7.25, 0.75, 22)$
- ☐ $\text{precipitación_anual} = \text{PULSE}(\text{NORMAL}(1.521428571, 0.405767937, 22), 2010, 1)$
- ☐ $\text{tasa_de_disminución_de_fósforo} =$
 IF(fósforo_total>83)THEN(IF(coliformes_totales<10000)THEN(NORMAL(0.45, 0.45*0.05, 22))ELSE(NORMAL(0.4, 0.4*0.05, 22)))ELSE(NORMAL(0.02, 0.02*0.05, 22))
- ☐ $\text{tasa_de_disminución_de_oxígeno_disuelto} =$
 IF(temperatura_de_la_laguna>6)THEN(NORMAL(0.9, 0.9*0.05, 22))ELSE(NORMAL(0.85, 0.85*0.05, 22))
- ☐ $\text{tasa_de_incremento_de_fósforo} =$
 IF(fósforo_total>61)THEN(IF(caudal_de_aguas_residuales_expulsadas<9.5)THEN(NORMAL(0.08, 0.08*0.05, 22))ELSE(NORMAL(0.07, 0.07*0.05, 22)))ELSE(NORMAL(0.075, 0.075*0.005, 22))

Fórmulas utilizadas en el modelo

- $tasa_de_incremento_de_oxígeno_disuelto =$
 $IF(precipitación_anual < 1.75) AND ((temperatura_de_la_laguna > 6)) THEN (NORMAL(0.02, 0.02 * 0.1, 22))$
 $ELSE (NORMAL(0.035, 0.035 * 0.1, 22))$
- $tasa_de_variación_del_pH_de_la_laguna =$
 $IF((caudal_de_aguas_residuales_expulsadas < 9.5) AND (pH_de_aguas_residuales > 7) AND (temperatura_de_la_laguna < 7)) THEN (RANDOM(0.01, 0.03) * pH_de_aguas_residuales)$
 $ELSE (RANDOM(-0.015, -0.005) * pH_de_aguas_residuales)$
- $tasa_de_variación_de_la_temperatura = RANDOM(-0.07, 0.025)$
- $tasa_de_variación_de_nitratos =$
 $IF((nitratos < 3.22) AND (caudal_de_aguas_residuales_expulsadas < 10)) THEN (NORMAL(0.0575, 0.0575 * 0.01, 22))$
 $ELSE (NORMAL(-0.03, 0.03 * 0.01, 22))$

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

- $coliformes_totales(t) = coliformes_totales(t - dt) + (crecimiento) * dt$
 $INIT\ coliformes_totales = 11000$
 $INFLOWS:$
 - ✖ $crecimiento = INT(coliformes_totales * tasa_de_crecimiento_de_coliformes_totales)$
- $DBO5 = 750 * 1000 / coliformes_totales$
- $tasa_de_crecimiento_de_coliformes_totales =$
 $IF(fósforo_total < 61) AND (temperatura_de_la_laguna < 6) AND (nitratos < 3) THEN (NORMAL(0.02, 0.05 * 0.02, 22))$
 $ELSE (NORMAL(-0.03, 0.05 * 0.03, 22))$


ANEXO 9

ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO N° 003-2016-TESISTA
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL – UCV
INFORME DE RESULTADOS
AGUAS

Alumno:	Inga Rengifo Elea Neolita
Tipo de ensayos:	Análisis físicoquímicos y microbiológicos
Tipo de muestra:	Muestras de la Laguna contaminada con aguas residuales
Identificación de la muestra:	Frascos
Descripción de la muestra:	Frasco N° 1, 2, 3, 4 (P1, P2, P3 y P4)
Muestra tomada por:	Inga Rengifo Elea Neolita
Fecha de ingreso de muestra:	01/10/16
Lugar que se realizó el ensayo:	Laboratorio de Calidad Ambiental –UCV
Fecha de realización de ensayos:	01/10/2016 – 28/10/2016

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO			
			P1	P2	P3	P4
Potencial de hidrógeno (pH)	Númerico	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 H B	6.3	6.2	7.6	7.2
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	APHA-AWWA-WEF (2012) 2540 D	18.87	26.4	19.5	20
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B	80	85.7	78.7	63.3
Oxígeno Disuelto	mg/L	APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B	6.2	3.4	4.2	5.3
Fosforo Total	mg/L	APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B	37.96	15.67	23.71	32.71
Nitratos	mg/L	APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B	2.39	3.56	4.16	2.56
Coliformes totales	NMP/L	APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B	9000	7000	3200	550


Daniel Neolito Gonzales
ASISTENTE DEL LABORATORIO DE CALIDAD
AMBIENTAL


V.° B.° Mg. Elmer Bentes Alamo
ELMER GONZALES BENTES ALAMO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CP N° 7198

ANEXO 10

FICHAS DE VALIDACIÓN



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y Nombres del validador.: Dr/ Mg. MIGUEL ANGEL PEREZ PEREZ
 1.2 Cargo e Institución donde labora: OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 1.3 Especialidad del validador: MCT-00166
 1.4 Nombre del instrumento y finalidad de su aplicación: FICHA DE OBSERVACIÓN
 1.5 Título de la investigación: _____
 1.6 Autor del instrumento: _____

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

1 CRITERIOS	2 INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				75%	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				75%	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				75%	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				75%	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				75%	
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos				75%	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				75%	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				75%	
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				75%	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					75%	

Firma del Experto Informante.

DNI N° _____ Teléfono N° 983273071
0783575

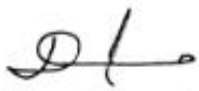
INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y Nombres del validador.: Dr/ Mg. CARDENAS CANDLES DANIEL
 1.2 Cargo e Institución donde labora: DOCENTE UCV - ESTE
 1.3 Especialidad del validador: MAESTRIA EN INVESTIGACION
 1.4 Nombre del instrumento y finalidad de su aplicación: FICHA DE OBSERVACION
 1.5 Título de la Investigación: MODELO DINÁMICO DE SISTEMAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA PATARCOCHA POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS ALEDANOS, PASCO, 2016
 1.6 Autor del instrumento: MAESTRIA EN INVESTIGACION

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

1 CRITERIOS	2 INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				70%	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				70%	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				70%	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				70%	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				70%	
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos				70%	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				70%	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				70%	
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				70%	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					70%	


 Firma del Experto Informante.

DNI. N° 0775618 Teléfono N° 985611901

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y Nombres del validador.: Dr/ Mg. MENDOZA GARCIA JOSE JORDI
 1.2 Cargo e Institución donde labora: DTR UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 1.3 Especialidad del validador: ING. GEORGINO MAC CARRANZA PROYECTOR DE INGENIERIA
 1.4 Nombre del Instrumento y finalidad de su aplicación: FICHA DE OBSERVACIÓN
 1.5 Título de la Investigación: MODELO DINAMICO DE SISTEMAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA
 1.6 Autor del Instrumento: EN LA LAGUNA PATARCOLCHA POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS ALEDANOS, PASCO, 2016.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

1 CRITERIOS	2 INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90%
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					90%
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					90%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					90%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					90%
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos					90%
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					90%
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					90%
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90%

Firma del Experto Informante.

DNI. Nº 66001911 Teléfono Nº 972759843

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y Nombres del validador: Dr. Mg. MILTON CÉSAR TULLUME CHAVESTA
 1.2 Cargo e Institución donde labora: MINISTERIO PÚBLICO
 1.3 Especialidad del validador: ING. FORESTAL
 1.4 Nombre del Instrumento y finalidad de su aplicación: FICHA DE OBSERVACIÓN
 1.5 Título de la Investigación: MODELO DINÁMICO DE SISTEMAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA PATARCOCHA POR VERTIMIENTO DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS ALEDAÑOS, PASCO, 2016
 1.6 Autor del Instrumento: ELEAN INCA RENGIFO

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

1 CRITERIOS	2 INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				80	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				80	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				80	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				80	
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos				80	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				80	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				80	
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80	


 Firma del Experto Informante.

DNI. N° 07482588 Teléfono N° 966255191

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y Nombres del validador: Dr. Mg. Delgado Arenas, Antonio Leonardo
 1.2 Cargo e institución donde labora: Responsable de Escuela, I.H. - Lima Este
 1.3 Especialidad del validador: Ing. Químico
 1.4 Nombre del instrumento y finalidad de su aplicación: _____
 1.5 Título de la Investigación: Modelo dinámico de Sistemas para determinar la calidad de agua en la Laguna Patatecne por vertimiento de aguas residuales de los Asentamientos Humanos aledaños, Pasce, 2016.
 1.6 Autor del instrumento: Elio N. Inga Rengifo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

1 CRITERIOS	2 INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente lento 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					85%
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					85%
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					85%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					85%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					85%
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos					85%
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					85%
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					85%
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						85%


Firma del Experto Informante.

DNI N° 0373632 Teléfono N° 985614015